

Universidade de Aveiro
2017

Departamento de Engenharia Mecânica

Gestamp Aveiro
2017

**Pedro Miguel
Ferreira de Sá**

**Otimização de Cadências em Ferramentas
Transfer**



**Universidade de
Aveiro**
2017

Departamento de Engenharia Mecânica



Gestamp Aveiro
2017

**Pedro Miguel
Ferreira de Sá**

Otimização de Cadências em Ferramentas Transfer

Dissertação apresentada à Universidade de Aveiro para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia Mecânica, realizada sob a orientação científica do Professor Doutor Ricardo José Alves de Sousa e do Professor Doutor Francisco José Malheiro Queirós de Melo, do Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade de Aveiro, e orientação do Diretor de Produção Ivo Lima, da Gestamp Aveiro S.A.

Apoio financeiro dos projetos
UID/EMS/00481/2013-FCT e
CENTRO-01-0145-FEDER-
022083

O objetivo não é ver aquilo que ninguém viu, mas pensar o que ainda ninguém pensou sobre aquilo que toda a gente vê.

Arthur Schopenhauer

o júri

presidente

Prof. Doutor António Manuel de Bastos Pereira

Professor Auxiliar do Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade de Aveiro

arguente

Mestre António da Silva Guedes

Especialista da Mecânica Exacta S.A

orientador

Prof. Doutor Ricardo José Alves de Sousa

Professor Auxiliar do Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade de Aveiro

Agradecimentos

A realização deste estágio/ projeto de mestrado contou com importantes apoios e incentivos, sem os quais não conseguiria atingir os objetivos propostos e do qual estarei grato por toda a colaboração.

Agradeço em primeiro lugar, à Universidade de Aveiro por toda a formação, por todos os ensinamentos difundidos que me ajudaram no meu crescimento pessoal e académico.

Em seguida, aos meus orientadores Prof. Ricardo Sousa e ao Prof. Queirós de Melo, pelo apoio prestado e pela ajuda no esclarecimento de todas as dúvidas ao longo deste projeto.

Em segundo lugar, agradeço à Gestamp Aveiro pela oportunidade, por todo o conhecimento divulgado pelos colaboradores ao longo destes seis meses de estágio.

Um agradecimento especial ao meu orientador da entidade de acolhimento, Ivo Lima, pelo voto de confiança, por todo o apoio e cooperação demonstrado e pelos diálogos e ensinamentos partilhados que sem dúvida irão contribuir de forma positiva na minha carreira profissional.

Estou extremamente grato ao Eng. Pedro Ferreira, por toda a colaboração e auxílio neste projeto, pela sua enorme disponibilidade demonstrada que de certo contribuíram para a finalização deste projeto.

À Mafalda e à Ana pela capacidade de integração, pelas inúmeras explicações dos processos, procedimentos, a vossa ajuda foi uma parte preponderante neste projeto.

E por último, à minha família, aos meus Pais e Irmã pelo inestimável apoio e por sempre me incentivarem aos novos desafios.

A todos os meus amigos e colegas, por toda a amizade e apoio demonstrado ao longo desta etapa da minha vida, convosco este percurso foi mais animado e estimulante.

À minha grande amiga, Tânia, que escutou todas as minhas dúvidas e inquietações ao longo deste projeto árduo e que ajudou na valorização e sucesso do mesmo.

A todos um muito obrigado.

Palavras-chave

Ferramentas transfer, Sistema transfer, Modelação, Simulação, Velocidade prensa, Velocidade servomotores; Otimização

Resumo

A crescente necessidade das empresas em aumentar a produtividade, reduzir os tempos de paragens assim como os respetivos custos associados, tem colocado os gabinetes de projeto numa pressão constante na procura de metodologias de otimização.

Neste âmbito, pretende-se otimizar a cadência em Ferramentas transfer, ou seja aumentar o nº de golpes médios realizados pela Ferramenta. Assim sendo, fez-se uma abordagem ao problema através de duas metodologias diferentes, a primeira baseada na alteração dos diferentes mecanismos presentes no sistema transfer e a segunda na modificação da construção da ferramenta.

Os resultados obtidos demonstraram que a primeira metodologia apresentava um sistema mais complexo e com mais imperfeições sem se verificar qualquer otimização significativa, enquanto que na segunda metodologia se atingiu um acréscimo na velocidade da prensa e respondeu-se satisfatoriamente à problemática em questão.

Conclui-se portanto que é possível promover otimizações na maior parte dos processos transfer, contudo é necessário um estudo aprofundado de todo o processo envolvido.

Keywords

Transfer dies, Transfer system, Modeling, Simulation, Speed press, Speed servo motors, Optimization

Abstract

Companies need to continuously increase their productivity for the sake of competitiveness, by reducing stop times and respective associated costs. Project offices are for this reason under constant pressure searching for optimization methodologies.

In this project, it is intended to optimize the cadence of transfer dies, which means increase the number of hits carried out by the descending punch tool. This problem was approached through two different methodologies. The first one was based in the alteration of the different mechanisms presents in transfer system and the second in the modification of the tool's construction.

The results have demonstrated that the first methodology led to more tool complexity and higher chances of failure without any significant optimization, whereas in the second methodology press cadence was increased substantially, answering satisfactorily the question posed.

It can be concluded that it is possible to promote optimizations in most of transfer press processes, once a careful and meticulous study is carried out.

Índice

Lista de Figuras	iv
Lista de Tabelas	vii
Lista de Gráficos	viii
Glossário	ix
Fórmulas - Gestamp	xi
Acrónimos	xii
1. Introdução	14
1.1. Apresentação Gestamp Aveiro	14
1.2. Enquadramento	17
1.3. Motivação e Objetivos	18
1.4. Estrutura do Documento	18
2. Estado da Arte	21
2.1. Fundamentos da conformação plástica de chapas	21
2.2. Tecnologia de Estampagem	21
2.2.1. Corte	22
2.2.2. Dobragem	24
2.2.3. Embutidura	26
2.2.3.1. Modos de Deformação	27
2.2.4. Defeitos dos Produtos Estampados	29
2.3. Prensas	30
2.3.1. Prensas Mecânicas	31
2.3.1.1. Cinemática	33

2.3.2. Pressas Hidráulicas	35
2.4. Tipo de Ferramentas	36
2.4.1. Ferramentas Progressivas.....	36
2.4.2. Ferramentas Transfer	37
2.4.3. Comparação Ferramentas Transfer e Progressivas	38
2.5. Sistema Transfer	38
2.5.1. Tipologias de Sistemas Transfer	39
2.5.1.1. Transfer Crossbar	39
2.5.1.2. Transfer Tri-axial.....	40
3. Descrição do Problema e Metodologias.....	43
3.1. Elementos de Estudo	43
3.2. Caso de Estudo	44
3.3. Pré-estudo	45
3.4. Metodologia 1	46
3.4.1. Fase 1).....	47
3.4.2. Fase 2).....	48
3.5. Metodologia 2	50
4. Desenvolvimento da nova Ferramenta Transfer	52
4.1. Revisão do pré-estudo.....	52
4.2. Causas que influenciam a movimentação dos 3 eixos do transfer	53
4.3. Identificação do(s) eixo(s) do transfer a otimizar tendo em conta o custo de alteração na Ferramenta	54
4.4. Modelação da nova Ferramenta	57
4.5. Infografia do movimento da Ferramenta + Sistema transfer	61
5. Resultados e Discussão	68
5.1. Situação Inicial.....	68

5.2.	Otimização 1 – variação da cadência; ângulo constante	69
5.3.	Otimização 2 – variação da cadência; variação ângulo	71
5.4.	Comparação Real / Otimização (1 e 2)	72
5.4.1.	Comparação diário de bordo real/ otimização (1 e 2).....	72
5.4.2.	Comparação velocidade do transfer real/ otimização (1 e 2)	75
6.	Considerações Finais	79
6.1.	Conclusões.....	79
6.2.	Trabalhos Futuros.....	80
	Bibliografia.....	81
	Anexos	
	Apêndice A - Propriedades Mecânicas e Químicas da referência E843243U1E	85
	Apêndice B - Especificações da Prensa ARISA - 800 TON	88
	Apêndice C - Ficha de Registo de Parâmetros da prensa P0800T01	90
	Apêndice D - Relatório Gráfico Diário Posto Referência P0800T01 - E843243U1E	92
	Apêndice E - Especificações da Prensa ARISA - 1250 TON	94
	Apêndice F - Análise dos diários de Bordo de 5 referências da prensa P01250TA1	96
	Apêndice G - Velocidade máxima servomotores – Prensas P0800T01/P01250TA1	98
	Apêndice H - Desenho da Ferramenta Otimizada – Proposta Simplificada	100

Lista de Figuras

Figura 1- Instalações da Empresa Gestamp Aveiro (retirada de [1])	14
Figura 2- Setor da Estampagem (retirada de [1]).....	15
Figura 3-Setor da Soldadura (retirada de [1])	16
Figura 4-Setor da Pintura (retirada de [1]).....	16
Figura 5 – Distribuição e identificação dos principais clientes do Grupo Gestamp pelos continentes assinalados (retirada de [1])	17
Figura 6 - Componentes de automóvel obtido por operações de corte, quinagem e embutidura (retirada de [6])	22
Figura 7 – Sequência das etapas do processo de corte : 1 – punção; 2 – chapa; 3 – matriz (retirada de [10]).....	22
Figura 8 – Composição de uma superfície de corte (retirada de [11])	23
Figura 9 – Mecânica do corte de chapas- a) folga apropriada; b) folga insuficiente; c) folga excessiva (retirada de [13]).....	23
Figura 10 – Processo de dobramento de chapa (retirada de [8])	24
Figura 11 – Tipos de Dobragem (retirada de [9]).....	24
Figura 12 – Esforços atuantes no dobramento de chapas (retirada de [16])	25
Figura 13 – Regiões do copo sob estampagem com diferentes estados de tensão (retirada de [15]).....	26
Figura 14 – Deformação no plano da chapa em função dos principais modos de deformação em embutidura a) Embutidura por extensão; b) Embutidura por expansão(retirada de [14]).....	27
Figura 15 – Esforços atuantes nas diversas regiões do copo (retirada de [15])	28
Figura 16 – Principais modos de deformação em embutidos (retirada de [14]).....	29
Figura 17 – Enrugamentos	29
Figura 18 - Fissuras.....	29
Figura 19 - Rebarba	29
Figura 20 - Deformação.....	29
Figura 21 – Processo de obtenção de uma peça estampada – (retirada anexo B).....	30
Figura 22 – Prensa Mecânica de duplo montante	31
Figura 23 – Sistema biela-manivela (retirada e traduzido de [20]).....	31

Figura 24 - Anatomia básica de uma prensa mecânica de duplo montante (retirada de [6])	32
Figura 25 – Cadeia Cinemática de uma Prensa Mecânica (retirada de [22])	34
Figura 26 – Prensa Hidráulica com 4 colunas (retirada de [23])	36
Figura 27 – Ferramenta Progressiva	37
Figura 28 – Ferramenta + Sistema transfer numa mesma prensa	38
Figura 29 – Linha “Transfer” de Prensas com alimentação robotizada (retirada de [6])	38
Figura 30 – Transfer Crossbar (retirada de [24])	39
Figura 31 – Transfer Crossbar a 2 eixos na produção de portas de veículos (retirada de [26])	39
Figura 32 – (a) ventosas de sucção; (b) colheres mecânicas; (c) pinças pneumáticas	40
Figura 33 – Sistema de eixos Ortogonais dos movimentos do transfer	41
Figura 34 – Fadiga de contacto entre a chapa e a colher	41
Figura 35 - Referência E843243U1E	43
Figura 36 - Ferramenta Transfer	43
Figura 37 – Sistema Transfer	44
Figura 38 - Prensa P0800T01	44
Figura 39 - Possível colisão Ferramenta + Sistema Transfer	44
Figura 40 – 1ª tipologia de construção da Ferramenta transfer (retirada de [28])	46
Figura 41 - 2ª tipologia de construção de Ferramentas transfer – barras transfer internas às colunas de guiamento (retirada de [29])	46
Figura 42 – Sequência da Metodologia 1	47
Figura 43 – Alinhamentos sistema transfer com as colunas de guiamento	48
Figura 44 – Ferramenta transfer da peça E843243U1E	48
Figura 45 – Ferramenta + sistema transfer	49
Figura 46 – Distância das pinças aos postos de conformação	49
Figura 47 – Sequência da Metodologia 2	50
Figura 48 – 1ª tipologia de construção do transfer (retirada de [28])	53
Figura 49 -- 2ª tipologia de construção de Ferramentas transfer (retirada de [29])	53
Figura 50 – Numeração dos movimentos do transfer nos 3 eixos (retirada de [30])	54
Figura 51 – Passo da Ferramenta	55
Figura 52 – Início da Subida transfer	55
Figura 53 – Fim da Subida transfer	56
Figura 54 – Fase 1	57

Figura 55 – Fase 2.....	57
Figura 56 – Fase 3.....	58
Figura 57 – Fase 4.....	58
Figura 58 – Fase 1.....	58
Figura 59 – Fase 2.....	59
Figura 60 – Fase 3.....	59
Figura 61 – Fase 4.....	59
Figura 62 – Ferramenta Otimizada	60
Figura 63 – Ferramenta Otimizada (vista frente).....	60
Figura 64 – Sequência de Imagens do movimento de abertura do transfer	61
Figura 65 - Sequência de Imagens do movimento de subida do transfer	62
Figura 66 – Sequência de Imagens do movimento de avanço do transfer.....	63
Figura 67 – Sequência de Imagens do movimento da descida do transfer	64
Figura 68 – Sequência de Imagens do movimento do fecho do transfer	65
Figura 69 – Sequência de Imagens do movimento do recuo do transfer	66

Lista de Tabelas

Tabela 1 – Programação do Transfer (retirada de [28])	54
Tabela 2 - Programação do transfer atual (retirada de [28]).....	68
Tabela 3 – Cálculos obtidos resultantes das fórmulas 10 e 11	69
Tabela 4 – Alteração do curso do transfer após otimização da Ferramenta	69
Tabela 5 – Testes realizados para obtenção da velocidade da prensa Otimização 1	70
Tabela 6 - Testes realizados para obtenção da velocidade da prensa Otimização 2	72
Tabela 7 – Diário de Bordo Real / Otimizado (1 e 2).....	74

Lista de Gráficos

Gráfico 1 – Evolução da altura do arqueado da superfície de corte; ensaios em chapa de aço macio de 2mm de espessura I) Folga radial de 2,5% ; II) Folga radial de 5% ; III) Folga radial de 10% (retirada de [11])	23
Gráfico 2 – Evolução da altura de rebarba com o nº de ciclos da ferramenta (retirada de [11])	24
Gráfico 3 – Peças totais produzidas da referência E843243U1E (retirada de [29])	73
Gráfico 4 – Velocidade do sistema transfer (abertura/fecho)	75
Gráfico 5 - Velocidade do sistema transfer (Subida/Descida)	76
Gráfico 6 – Velocidade do sistema transfer (Avanço)	76
Gráfico 7 – Velocidade do sistema transfer (Recuo)	76

Glossário

Disponibilidade -	indicador da Gestamp que consiste na razão entre o tempo de Produção e o tempo de Abertura. Em termos práticos o resultado fornece o valor em que a referência esteve em produção, sem paragens ou avarias.
Esboço -	em conformação, é um pedaço de chapa do qual é obtido de uma chapa em bruto normalmente isento de processos (de furos e chanfros) do qual se obtém um produto que adquire a forma de uma matriz imposta pela ação de um punção.
Golpes Médios -	indicador da Gestamp que consiste na razão entre o nº total de golpes e o tempo de Abertura. Em termos práticos o resultado fornece o número de peças que são produzidas por hora.
Linha de prensas “tandem”	é constituída por uma distribuição simples de prensas segundo uma linha e separadas entre si por uma distância comum. Numa linha de prensas “Tandem”, existe uma prensa e a sua respetiva ferramenta individual para cada passo do processo de fabrico da peça. À medida que a peça é conformada, esta é movimentada de uma prensa para a seguinte, até ao final da linha.
Passo da Ferramenta -	é a distância entre dois postos de conformação consecutivos medidos paralelamente ao eixo.
P0800T01 -	designação interna da Gestamp, que significa Prensa com capacidade de Força de 8000 KN, Processo Transfer (T).
P01250TA1 -	designação interna da Gestamp, que significa Prensa com capacidade de Força de 12500 KN, Processo Transfer (T) ou Progressivo (A).
Referência -	designação interna da Gestamp, para identificar cada peça, composto por um código de letras e números, no caso em estudo tem a seguinte designação E843243U1E.

Tempo de Abertura -	indicador da Gestamp em que corresponde ao tempo em que a referência está em máquina, considerando tanto tempos produtivos como não produtivos (tais como paragens, avarias, ajustes).
Tempo de Produção -	indicador da Gestamp em que corresponde ao tempo em que a referência está efetivamente em Produção, considerando neste caso apenas tempos produtivos, aos quais pode incluir tanto peças operacionais como defeituosas.
Sistema Pick and Place -	é um sistema de manipulação automatizado em que executa a movimentação dos formatos, esboços previamente cortados, para colocação nas cintas de entrada na ferramenta.

Fórmulas - Gestamp

$$\text{Tempo de Abertura} = \text{tempo de Produção} + \sum \text{tempos}_{\text{avarias/ajustes}} \text{ (min)}$$

$$\text{Golpes Médios} = \frac{\text{Golpes Totais}}{\text{Tempo de Abertura}} \left(\frac{\text{Golpes}}{h} \right)$$

$$\text{Custo de Paragens} = \sum \text{tempos}_{\text{avarias/ajustes}} \times \beta \text{ (€)}$$

β – Custo da máquina em produção 250 €/h

Acrónimos

GAV – Gestamp Aveiro

NGMF – N.º de Golpes Médios Ferramenta

CN – Comando Numérico

DP – Departamento de Produção

VAT – Velocidade atuação transfer

AAT – Ângulo atuação transfer

CAD – Computer-aided Design (Desenho Assistido por Computador)

Capítulo 1

Introdução

Neste capítulo evidencia-se a apresentação da entidade de acolhimento, o enquadramento deste projeto, a motivação e objetivos que levaram à escolha deste tema e também a estrutura do documento.

1. Introdução

1.1. Apresentação Gestamp Aveiro

A presente dissertação pretende documentar o projeto final referente ao 5º ano do Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica da Universidade do Aveiro. O projeto é baseado no trabalho de estágio curricular realizado na empresa Gestamp Aveiro, S.A (Figura 1). A Gestamp Aveiro foi inserida no grupo multinacional Espanhol, na sua divisão automóvel Gestamp Automoción, que é um grupo internacional que desde 2001, se dedica ao desenho, desenvolvimento e fabricação de componentes e conjuntos metálicos para o automóvel, estando especializado no desenvolvimento de produtos que contribuem para diminuir o peso dos veículos e aumentar a sua segurança, a fim de conseguir uma redução do consumo de energia e um menor impacto no meio ambiente [1] [2]. Este mercado possui um grande potencial de crescimento derivado da necessidade de os fabricantes de veículos recorrerem cada vez mais a fornecedores para a produção deste tipo de componentes do veículo. Neste sentido a importância de responder de forma rápida às exigências dos clientes através da dinamização dos processos produtivos, obtendo a máxima produtividade e qualidade aliada à flexibilidade dos processos, levou à criação de manuais com as melhores práticas identificadas nas várias áreas de atuação, pretendendo que todos os colaboradores da empresa tenham acesso a essa informação e sigam uma forma de execução idêntica em todos os produtos suportando os objetivos estratégicos do Grupo [3].



Figura 1- Instalações da Empresa Gestamp Aveiro (retirada de [1])

A Gestamp Aveiro dispõe de uma ampla gama de produtos fabricados fundamentalmente a partir do aço, que se integram na carroçaria do veículo, em componentes de chassis e mecanismos, tais como pedaleiras, sistemas de travão de mão, suportes de baterias, montagem de dobradiças [4].

Os principais processos de fabrico dos produtos metálicos incluem:

- i. Estampagem
- ii. Soldadura/Montagem
- iii. Pintura

O processo de estampagem é um processo tecnológico de obtenção de peças ocas por deformação plástica de chapas planas. A estampagem é um sector equipado com prensas mecânicas e hidráulicas, dedicadas a processos progressivos e transfers [1]. (Figura 2)



Figura 2- Setor da Estampagem (retirada de [1])

O processo de soldadura é diferenciada em 2 tipos: soldadura por pontos (resistência) e soldadura MIG/MAG (Figura 3). O processo consiste na fusão de materiais baseados no calor gerado pela corrente elétrica e aplicação de força mecânica ou pelo princípio de soldadura por arco elétrico entre a peça e o consumível em forma de arame. A fabricação de conjuntos metálicos é descrito por este processo de ligação de um produto ou vários produtos e/ou componentes (porca, parafuso, perno, casquilho, varão) [1].



Figura 3-Setor da Soldadura (retirada de [1])

O processo de pintura é um processo automatizado em linha que possui essencialmente as seguintes fases: Pré-tratamento - Pintura - Secagem e Polimerização. O processo de pintura cataforese por imersão permite obter a maior resistência à corrosão, considerado um processo de preferência no sector automóvel [1]. (Figura 4)



Figura 4-Setor da Pintura (retirada de [1])

O Grupo Gestamp Automación opera num mercado global em 3 continentes (Europa, América, Ásia) distribuídos por 18 países com 68 empresas e 13 centros de I&D. A sua lista de Clientes inclui marcas como: Grupo PSA, Renault, VW, GM, Ford, Seat, Skoda, Nissan, Vauxhall, Mitsubishi Motors, que se encontram representadas pelos coloridos no mapa da Figura 5. Entre os vários clientes, na GAV destacam-se como principais: o Grupo (PSA), Renault/Nissan, Volkswagen, General Motors (GM) e Ford. Para além destes, a GAV comercializa ainda para diversas indústrias auxiliares intra e extra grupo [1].

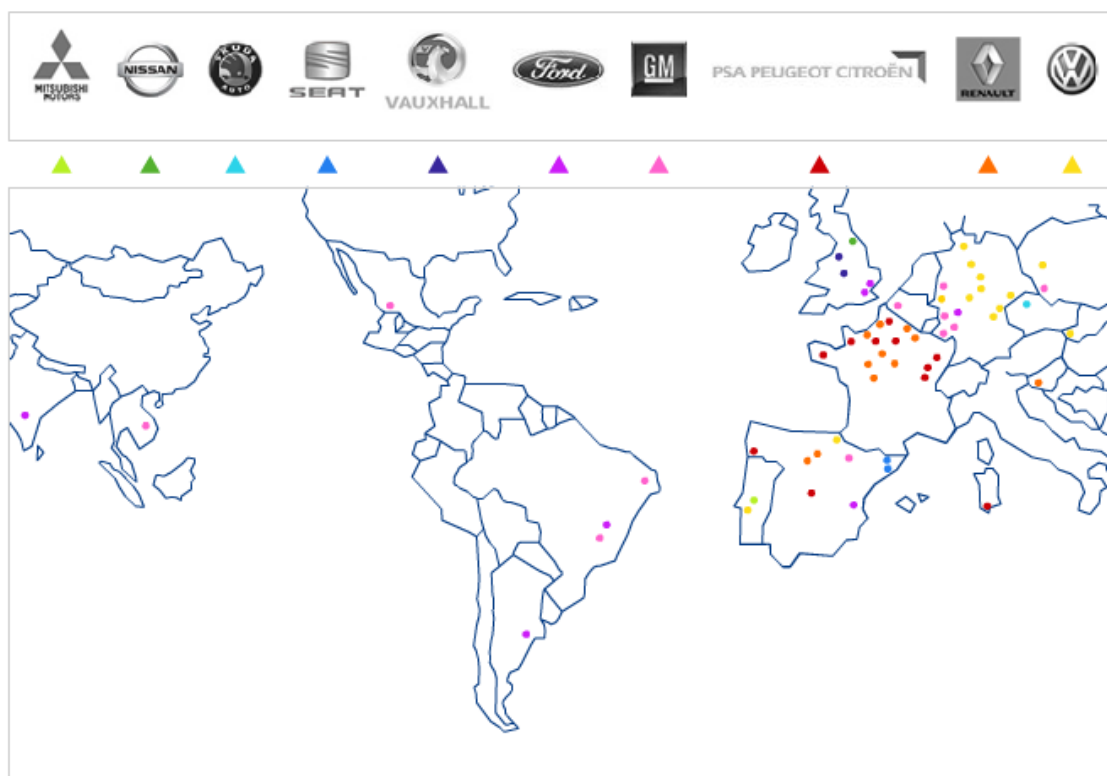


Figura 5 – Distribuição e identificação dos principais clientes do Grupo Gestamp pelos continentes assinalados (retirada de [1])

1.2. Enquadramento

Como referido previamente a Gestamp Aveiro é uma empresa que se dedica ao fabrico de componentes e conjuntos metálicos para a indústria automóvel. A competitividade que existe na indústria automóvel, por parte das empresas concorrentes, requer à Gestamp Aveiro um elevado nível de características de qualidade, eficiência e eficácia, que se adquire através de um longo processo de aprendizagem, para de certa forma cumprir da melhor maneira possível as tarefas a que se compromete executar. O contínuo esforço do processo de melhoria é a base para um trabalho de excelência, tentando sempre alcançar processos mais eficazes e mais produtivos, nunca se resignando com o caso presente [2].

Neste âmbito, pretende-se otimizar a cadência em Ferramentas transfer, ou seja aumentar o nº de Golpes médios realizados pela Ferramenta (NGMF), para que isso seja possível é necessário que a velocidade do transfer, consiga deslocar as peças de uma estação para a seguinte de modo a realizar as sucessivas operações de conformação de uma forma mais rápida, ou noutra vertente alterar a tipologia de construção da própria ferramenta para permitir uma deslocação mais curta do transfer até às zonas das operações de conformação. Neste contexto, o principal objeto de estudo deste projeto será o transfer e a ferramenta, em que através da análise e desenvolvimento de propostas de melhoria serão estudados os vários sistemas transfer e as diferentes tipologias de construção de ferramentas, com vista à implementação de medidas técnicas dando predominância à sua fiabilidade para assim se conseguir aumentar o NGMF.

A importância da realização deste Projeto será crucial pois o estudo e análise da melhor sincronização da ferramenta mais sistema transfer proporcionará um aumento de produção das peças, sendo este o principal foco da empresa, como também minimizar o custo de paragem da prensa.

A combinação destes 2 fatores irá permitir uma maior disponibilidade e rendimento, indicadores estes utilizados pela empresa para se poder perceber a evolução das otimizações do processo de fabrico.

1.3. Motivação e Objetivos

A possibilidade de fazer parte de uma empresa, enquanto estudante universitário com a finalidade de poder concluir a ultima unidade curricular do meu curso, foi algo que sempre ambicionei e desejei. A oportunidade de comunicar com uma nova realidade, de adquirir novas aprendizagens e experiências, que até ao momento nunca tinha tido antes, despertaram-me especial interesse em me aproximar cada vez mais da via profissional. O desafio proposto pela Gestamp Aveiro na área da Estampagem, uma técnica de conformação por deformação plástica que assume especial importância na indústria automóvel foi algo bastante aliciante, na medida em que me vai permitir ter um conhecimento mais aprofundado sobre este processo e dando-me a possibilidade de contribuir para otimizações nas ferramentas nele envolvidas.

Os objetivos gerais deste projeto podem ser enumerados da seguinte forma:

- 1) Estudo de várias tipologias de transferências entre estações de sistemas transfer como tipologias diferentes de construção de ferramentas presentes na empresa. Familiarização com os conceitos produtivos e de gestão de processos.
- 2) Estudo de mercado e levantamento do estado da arte sobre soluções existentes e comparação com as existentes na empresa.
- 3) Com base na informação recolhida nos pontos 1) e 2), desenvolvimento de uma metodologia que tenha como objetivo a melhoria da precisão e da rapidez do sistema transfer que foi eleito para otimização.
- 4) Validação e conclusões do projeto.

1.4. Estrutura do Documento

O presente trabalho encontra-se dividido em oito capítulos e está organizado da seguinte forma:

- Capítulo 1 – Introdução: Neste capítulo evidencia-se a apresentação da entidade de acolhimento, o enquadramento deste projeto, a motivação e objetivos que levaram à escolha deste tema e também a estrutura do documento.

- Capítulo 2 – Estado da arte: Este capítulo fundamenta todo o conhecimento necessário para a compreensão do processo e dos seus respetivos sistemas envolvidos.
- Capítulo 3 – Descrição do Problema e Metodologias: Este capítulo tem como finalidade apresentar uma descrição aprofundada do problema, à qual se pretende dar uma solução de otimização de cadência e a demonstração da metodologia adotada para o cumprimento dos objetivos propostos.
- Capítulo 4 – Desenvolvimento da nova ferramenta transfer: Neste capítulo são dadas a conhecer ao leitor todas as fases essenciais que estiveram envolvidas no desenvolvimento da nova Ferramenta transfer.
- Capítulo 5 – Resultados e Discussão: Este capítulo apresenta a Fase 3) da metodologia 2, que está dividida em duas partes que constituem a análise de cada uma das otimizações, indicando-se para cada uma destas uma comparação com o sistema atual , para melhor compreensão e clareza ao leitor.
- Capítulo 6 – Considerações Finais: Neste capítulo são apresentadas as conclusões e os trabalhos futuros.

Capítulo 2

Estado da Arte

Este capítulo fundamenta todo o conhecimento necessário para a compreensão do processo e dos seus respetivos sistemas envolvidos

2. Estado da Arte

2.1. Fundamentos da conformação plástica de chapas

Os processos tecnológicos de conformação dos metais por deformação plástica caracterizam-se pela capacidade de obtenção de peças mecânicas com cadências de produção elevadas e pela utilização praticamente integral da matéria-prima posta em jogo. É aliás, a sua capacidade para altas cadências que faz com que este tipo de processo seja especialmente adequado para a produção de componentes em larga escala.

Dentro dos processos anteriores podemos encontrar dois grandes grupos:

- Processos como o forjamento, a laminagem, o estiramento, etc., considerados como processos de conformação plástica em massa.
- Processos como a quinagem e a embutidura, em que os componentes ou produtos são obtidos a partir da deformação plástica de chapas metálicas.

Nesta secção iremos dedicar-nos em exclusivo ao estudo da tecnologia de Estampagem, que como veremos merece só por si uma atenção especial e um tratamento diferenciado, devido à sua importância e complexidade específica [5].

2.2. Tecnologia de Estampagem

Por definição, a estampagem é uma técnica de conformação dos metais por deformação plástica que consiste na obtenção de peças mais ou menos complexas a partir de um conjunto de operações de corte, dobragem e embutidura realizadas sobre uma chapa plana (esboço), que podem apresentar-se sob a forma de tiras retangulares ou rolos de chapa [5] [6].

As operações de corte e dobragem efetuam-se normalmente a frio, enquanto as operações de embutidura ou estampagem profunda se podem efetuar a frio ou a quente, segundo as necessidades técnicas requeridas. Estas operações a que a chapa pode ser submetida durante o processo de conformação mecânica podem ser aplicadas separada ou simultaneamente à chapa em cada estação da ferramenta [7]. A realização destas operações é possível através do uso de ferramentas de estampagem aplicadas em máquinas denominadas prensas [6]. A Figura 6 apresenta uma peça onde foram utilizadas as 3 operações de conformação descritas anteriormente.



Figura 6 - Componentes de automóvel obtido por operações de corte, quinagem e embutidura (retirada de [6])

2.2.1. Corte

O corte é um processo de fabricação em que uma ferramenta, com duas cunhas de corte, que se movem uma contra a outra, provocam a separação de um material [8]. É um processo que se destina à obtenção de formas geométricas a partir de chapas submetidas à pressão exercida por um punção ou uma lâmina de corte. Quando o punção ou a lâmina inicia a penetração na chapa, o esforço de compressão converte-se em esforço de corte, provocando a separação brusca de uma porção da chapa [9]. As operações de corte são tipicamente efetuadas *à priori* das operações de dobragem e estampagem, quando a chapa ainda se encontra plana. No entanto, em certos casos específicos, pode ser vantajoso conferir primeiro alguma forma à peça final e efetuar certas operações de corte posteriormente, de modo a garantir uma maior estabilidade do processo produtivo e evitar deformações dos contornos de determinados cortes, furos ou rasgos por operações de deformação mecânica posteriores [7].

Esta operação de corte pode ser dividida em 3 fases distintas (Figura 7):

- i. Esmagamento – antes de iniciar o corte, o punção encosta à chapa, apoiada sobre a matriz, e esmaga o material forçando-o a sair pelo furo da matriz. Nesta fase desenvolvem-se no metal (chapa) deformações elásticas seguidas por deformações plásticas complexas em ambos os lados da chapa, comprimida entre a matriz e o punção.
- ii. Corte – continuando a descida do punção, o material esmagado é submetido a uma forte tensão de corte dando origem ao aparecimento da superfície de corte puro (zona lisa), correspondente à deformação plástica do material.
- iii. Rutura – A partir de um certo ponto, dá-se o fenómeno de rutura que faz com que uma parte metálica se separe da outra.

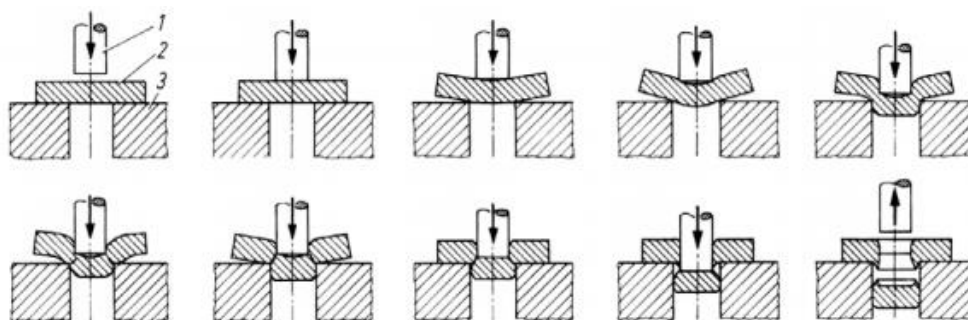


Figura 7 – Sequência das etapas do processo de corte : 1 – punção; 2 – chapa; 3 – matriz (retirada de [10])

A morfologia da superfície de corte das peças cortadas encontra-se classificada na Figura 8.

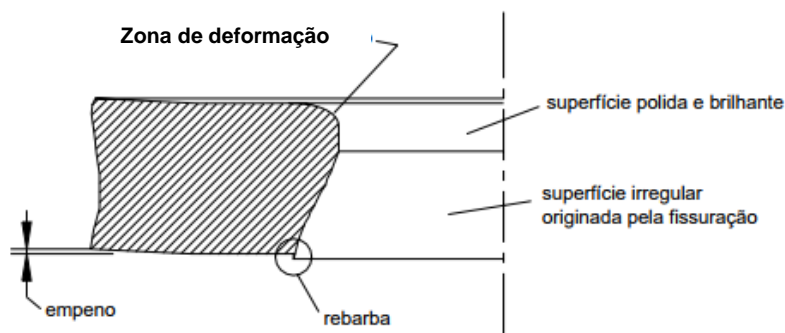


Figura 8 – Composição de uma superfície de corte (retirada de [11])

As solicitações impostas à chapa dependem fundamentalmente da geometria da peça que se pretende cortar e da folga entre o punção e a matriz. O aspeto da parede de corte depende pois da chapa (qualidade, espessura), da folga (Figura 9), e do estado de desgaste da ferramenta. A evolução da parede de corte com o estado de desgaste da ferramenta pode ser verificado no Gráfico 1 [12].

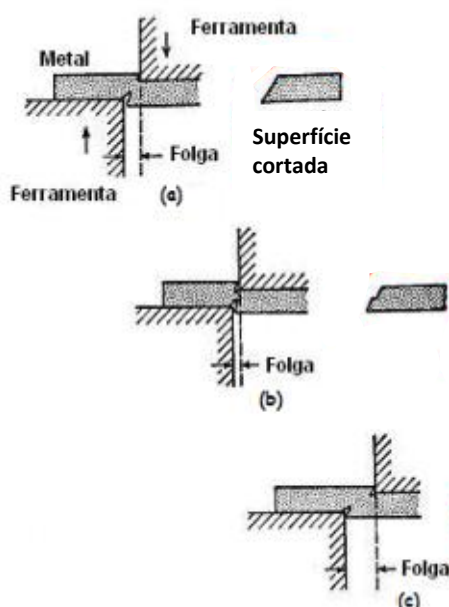


Figura 9 – Mecânica do corte de chapas- a) folga apropriada; b) folga insuficiente; c) folga excessiva (retirada de [13])

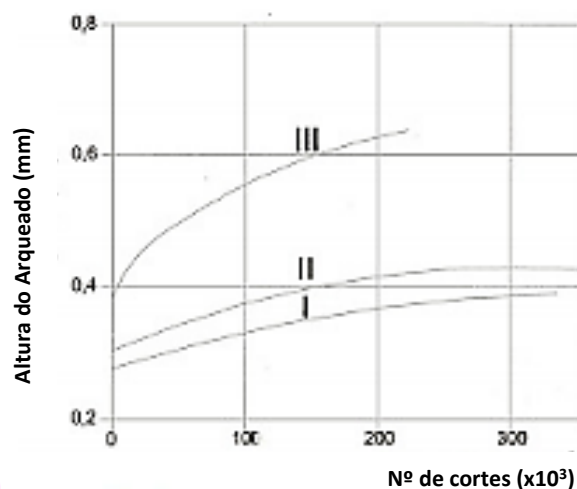


Gráfico 1 – Evolução da altura do arqueado da superfície de corte em função do nº de cortes; ensaios em chapa de aço macio de 2mm de espessura I) Folga radial de 2,5% ; II) Folga radial de 5% ; III) Folga radial de 10% (retirada de [12])

A dimensão da rebarba será determinada pelo desgaste das arestas de corte (quanto maior for o desgaste, maior será o boleamento das arestas de corte (Gráfico 2) e, portanto, menor será a dificuldade para o material contornar a aresta de corte), pela ductilidade do material, pelo tamanho da folga e também pelo valor da força de corte que é aplicada localmente [9].

Dependendo das tolerâncias e das qualidades superficiais exigidas no projeto da peça tal pode obrigar a operações posteriores de calibragem, rebarbagem, retificação, ou outra operação de acabamento [14].

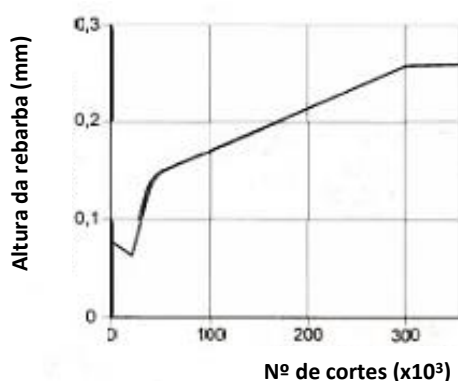


Gráfico 2 – Evolução da altura de rebarba com o nº de ciclos da ferramenta (retirada de [12])

2.2.2. Dobragem

As operações de dobrar e curvar ocupam um lugar importante no ciclo produtivo da estampagem, já que muitas peças, depois de sofrerem a primeira operação de corte, ou mesmo antes de qualquer operação, são submetidas a uma ou várias operações deste tipo [14].

A dobragem é um processo de deformação plástica de chapa que permite o fabrico de superfícies planificáveis. Existem diferentes modos de efetuar uma operação de dobragem, caracterizando-se a operação, no essencial, pela geometria das ferramentas e também no modo como a chapa é solicitada entre o punção e a matriz (Figura 10). Os modos de dobragem mais usuais em ferramentas são: dobragem em V, dobragem em U, dobragem a fundo, dobragem de flange com cunho de arraste e dobragem rotativa. Estes tipos de operações encontram-se ilustrados na Figura 11 [9].

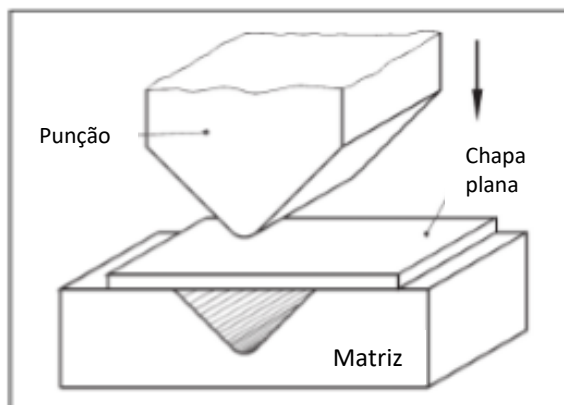


Figura 10 – Processo de dobramento de chapa (retirada de [8])

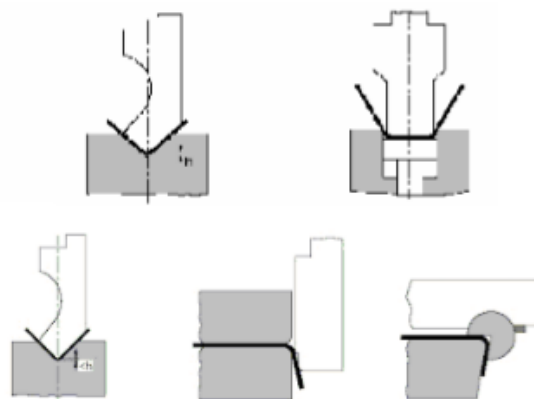
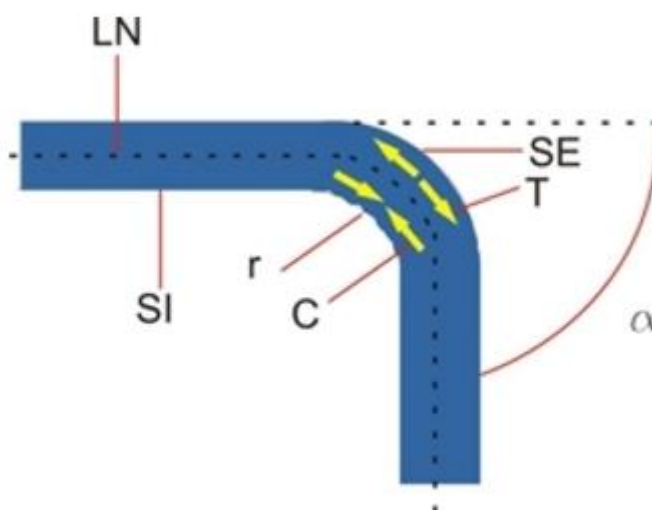


Figura 11 – Tipos de Dobragem (retirada de [9])

Na dobragem de uma peça inicial, os esforços são aplicados em duas direções opostas para provocar a flexão e a deformação plástica, isto é mudam a forma de uma superfície plana para duas superfícies concorrentes, em ângulo, e formando na junção um raio de concordância. Os esforços de conformação concentram-se na região de concordância das duas superfícies, na parte interna da região de concordância, surgem esforços de compressão e na externa de tração.

A linha neutra é utilizada como referência - pois o seu comprimento não varia na conformação, para assim se poder verificar o desenvolvimento da peça conformada, ou seja determinar as dimensões do esboço inicial que atinge após conformação (Figura 12). A eventual fratura da peça ocorre na parte externa e o possível enrugamento na parte interna [15].



LN – Linha neutra; SI – Superfície Interna; SE – Superfície Externa; r – raio de concordância; C – Força de compressão; T – Força de Tração; α – ângulo de dobramento

Figura 12 – Esforços atuantes no dobramento de chapas (retirada de [16])

Neste tipo de execução devem-se ter em conta, os raios de curvatura interiores e a elasticidade do material. Estes devem ser maiores ou no mínimo iguais à espessura da chapa a dobrar com o fim de não estirar excessivamente a fibra exterior e para garantir um bom trabalho de dobragem sem rotura. Concluída a ação de deformação que originou a dobragem, a peça tende a voltar à sua forma inicial, este fenómeno deve-se à propriedade de elasticidade que os corpos possuem, desta forma as dobragens são feitas com um ângulo mais acentuado que o pretendido para que uma vez cessada a pressão e ocorrendo o retorno elástico, a peça obtenha o ângulo desejado [14].

2.2.3. Embutidura

A embutidura ou estampagem profunda é um processo tecnológico de peças ocas por deformação plástica de chapas planas. De um modo geral, as peças obtidas por embutidura, os embutidos são caracterizados por possuírem superfícies não geradas ou não planificáveis. É esta característica que distingue a embutidura de outros processos de conformação plástica, tais como a dobração ou quinagem [5].

Os elementos tecnológicos do processo são (Figura 13):

- Punção – é o órgão mecânico que se movimenta no sentido de se aproximar da superfície da chapa obrigando-a a deformar;
- Matriz – é o elemento mecânico passivo, ou seja, estático, contra o qual a chapa será pressionada sendo obrigada a deformar-se;
- Cerra-chapas – este elemento tem a função de pressionar a chapa contra a superfície da ferramenta de estampagem durante o processo de conformação, permitindo controlar o escoamento do material para dentro da matriz, evitando a formação de pregas ou rugas, e possibilitando ainda controlar o maior ou menor estiramento da chapa (redução de espessura) durante o processo [6];

As condições de estampagem são típicas quando se parte de um esboço circular, ou disco, e se atinge a forma final de um copo. O disco metálico, por meio da ação do punção na sua região central, deforma-se em direção à cavidade circular da matriz, ao mesmo tempo em que a aba ou flange, ou seja, a parte onde não atua o punção mas somente o sujeitador, movimenta-se em direção à cavidade [15].

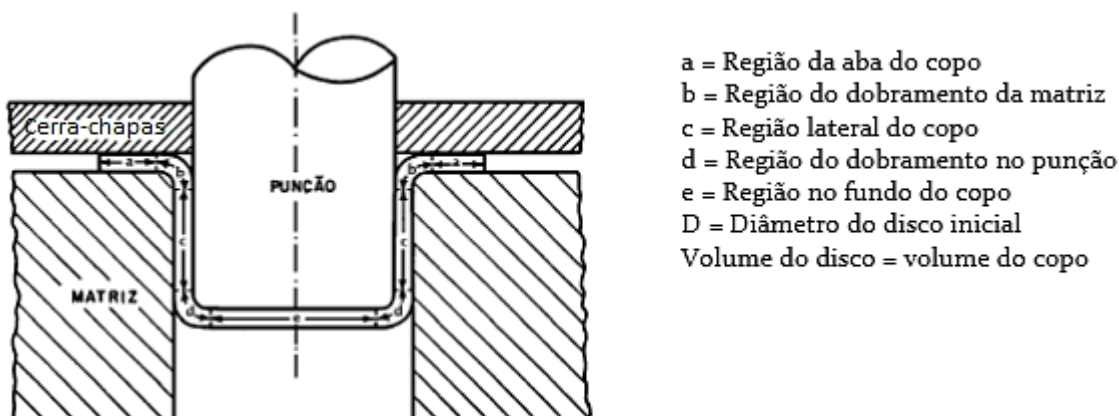


Figura 13 – Regiões do copo sob estampagem com diferentes estados de tensão (retirada de [15])

2.2.3.1. Modos de Deformação

Existem dois tipos fundamentais de modos de deformação em embutidura (Figura 14):

- Embutidura por extensão – neste modo de deformação a chapa sofre um alongamento positivo (tração e aumento de comprimento) numa direção do plano da chapa e um alongamento negativo (compressão e diminuição de comprimento) na direção perpendicular à anterior.
- Embutidura por expansão – neste modo de deformação a chapa sofre alongamentos positivos (tração e aumento de comprimento) em todas as direções do plano da chapa [14].

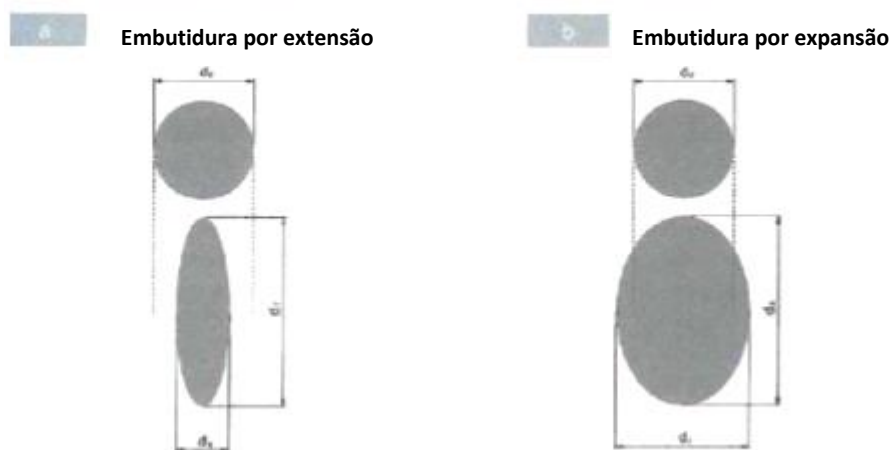


Figura 14 – Deformação no plano da chapa em função dos principais modos de deformação em embutidura a) Embutidura por extensão; b) Embutidura por expansão (retirada de [14])

As tensões que atuam no processo, são diferentes em cada região da peça, gerando variações na sua espessura. (Figura 15)

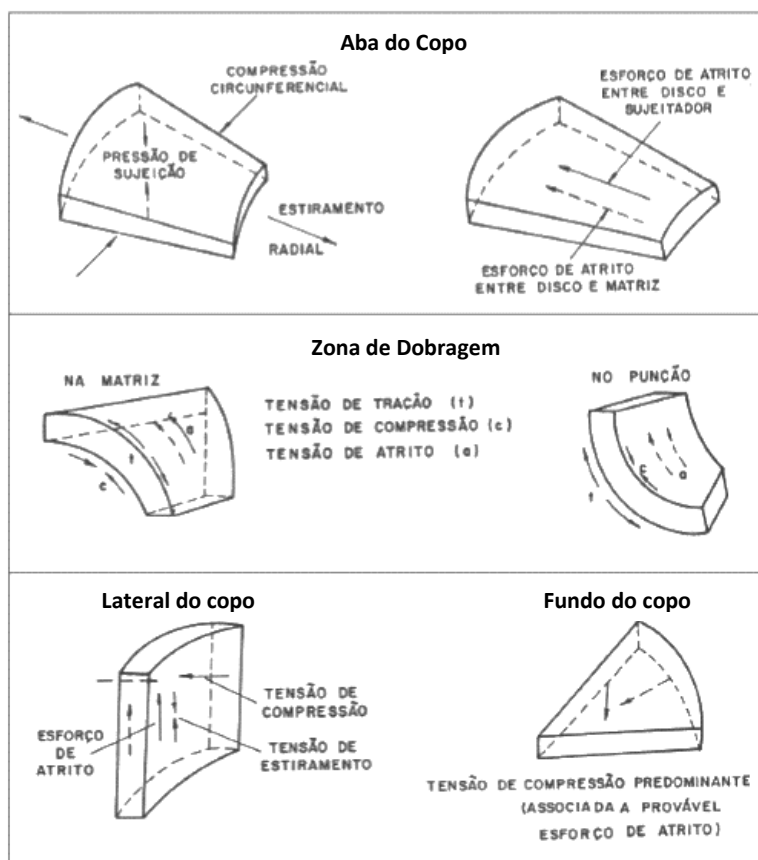
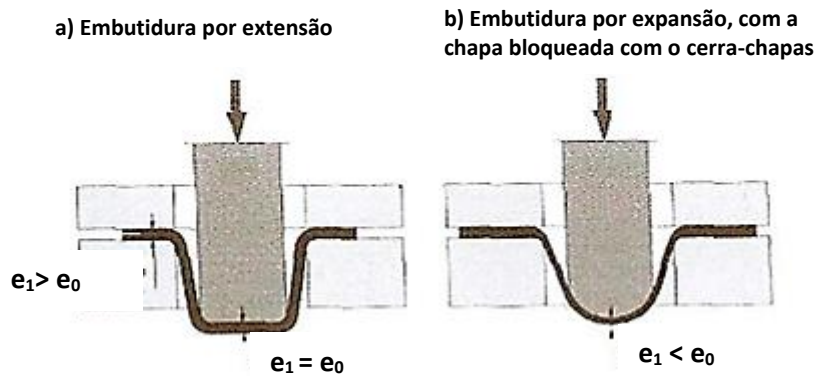


Figura 15 – Esforços atuantes nas diversas regiões do copo (retirada de [15])

Os dois modos principais de deformação em embutidura dependem diretamente da ação do cerra-chapas. Assim, se não existir cerra-chapas ou a pressão deste for insuficiente, o modo de deformação é, fundamentalmente, por extensão, (Figura 16 a)). Se a pressão do cerra-chapas for suficientemente elevada de modo a impedir o deslizamento da chapa entre a matriz e o cerra-chapas, o modo de deformação é, fundamentalmente, por expansão, (Figura 16 b)).

Para conseguir o efeito de bloqueamento, é vulgar utilizar-se, para além de uma pressão do cerra-chapas, saliências na matriz ou no cerra-chapas, designados freios, que podem restringir ou impedir o deslizamento da chapa. Os dois modos de deformação em embutidura descritos anteriormente têm uma influência determinante na espessura final do produto obtido. Assim, na deformação em expansão a espessura final da peça (Figura 16 b)) é, necessariamente, inferior à chapa que lhe deu origem. Na deformação por extensão, como geralmente é o caso das paredes laterais e do fundo do embutido cilíndrico, a espessura destas zonas é igual à espessura inicial da chapa, enquanto que na gola, devido às tensões de compressão existentes na zona, a espessura da chapa tende a aumentar (Figura 16 a)) [5].



e_0 – espessura inicial ; e_1 – espessura final

Figura 16 – Principais modos de deformação em embutidos (retirada de [14])

2.2.4. Defeitos dos Produtos Estampados

Os principais defeitos encontrados em peças embutidas são originados, basicamente, de defeitos preexistentes na chapa, de defeitos do projeto e construção da ferramenta e defeitos na conservação das mesmas. Podem ser visualizadas nas figuras abaixo alguns exemplos de defeitos na chapa tais como: enrugamentos, rebarbas, fissuras, forma abaulada, deformações entre outros [17].

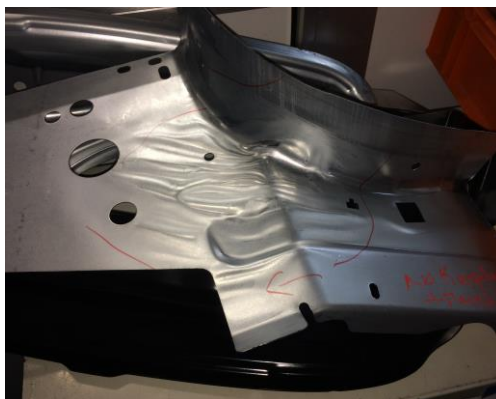


Figura 17 – Enrugamentos



Figura 18 - Fissuras



Figura 19 - Rebarba



Figura 20 - Deformação

Estes defeitos são corrigidos agindo-se sobre variáveis do processo, tais como:

- Geometria e dimensão dos elementos da ferramenta;
- Força exercida pelo cerra - chapas;
- Velocidade de conformação;
- Etapas do processo de estampagem [6];

2.3. Pressas

As pressas são máquinas em que o principal objetivo, pode dizer-se, que é transferir uma ou mais forças e movimentos para uma ferramenta com o objetivo de exercer trabalho sobre uma peça. Podendo esse trabalho ser corte, estampagem, cunhagem entre outros.

O trabalho exercido pela prensa tem lugar entre um membro inferior que é denominado por mesa, no qual é fixa uma ferramenta denominada por matriz, e um membro superior móvel denominado por corredeira, no qual é fixa a outra parte da ferramenta denominada por punção, sendo o trabalho exercido quando o punção é comprimido contra matriz (Figura 21). Este membro superior é normalmente acionado por um sistema mecânico ou de transmissão hidrostática dependendo do tipo de prensa em questão [18]. As pressas são máquinas, capazes de proporcionar uma forte pressão, aproveitando a energia potencial acumulada mecanicamente, ou por meio de algum fluido, em energia cinética transferida ao estampo, placa ou chapa através da energia mecânica [19].

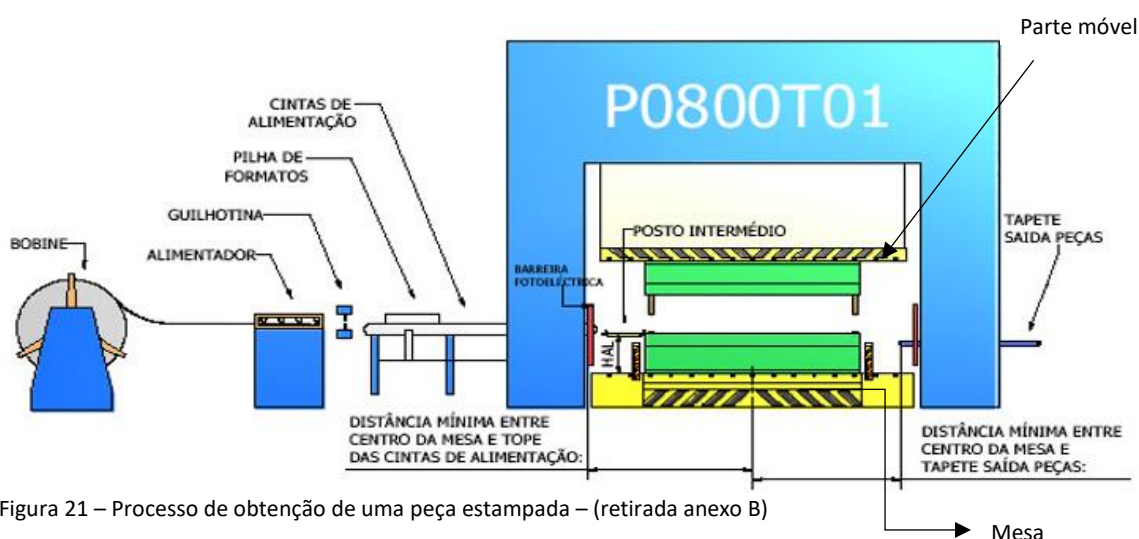


Figura 21 – Processo de obtenção de uma peça estampada – (retirada anexo B)

As prensas podem ser classificadas segundo [14]:

- A natureza do acionamento
 - Prensas mecânicas
 - Prensas hidráulicas
- A forma da estrutura
 - Prensas de duplo montante
 - Prensas em colo de cisne
- O tipo de corredeira ou carro
 - Simples efeito
 - Duplo efeito
 - Triplo efeito



Figura 22 – Prensa Mecânica de duplo montante

Por motivos de maior objetividade, nesta seção serão abordados em maior detalhe as prensas mecânicas do que as prensas hidráulicas pois foram estas as utilizadas nesta dissertação.

2.3.1. Prensas Mecânicas

Nas prensas mecânicas o acionamento é feito por um sistema de biela-manivela, designado normalmente por excêntrico, que imprime um movimento alternativo de subida e descida da corredeira, tal como se mostra na Figura 23 [14]:

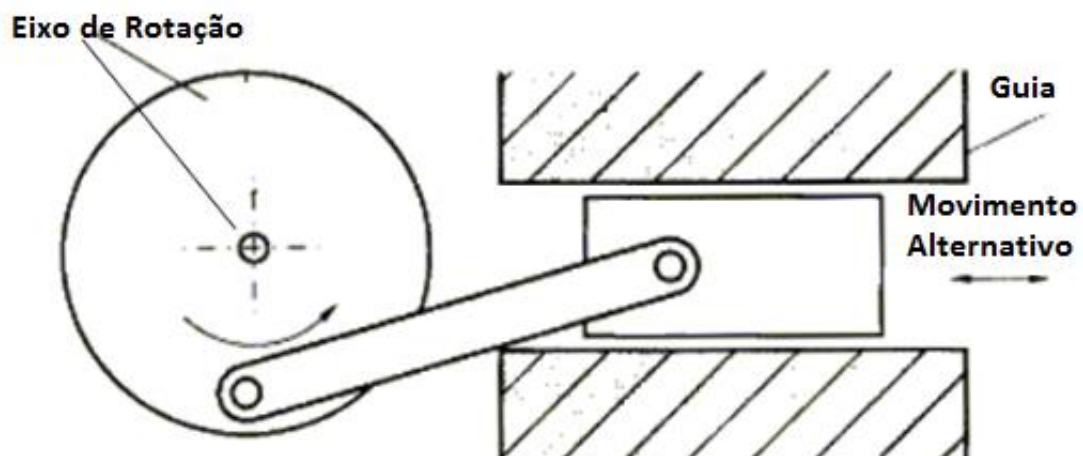


Figura 23 – Sistema biela-manivela (retirada e traduzido de [20])

Na Figura 24 é apresentada a anatomia básica de uma prensa mecânica de duplo montante.

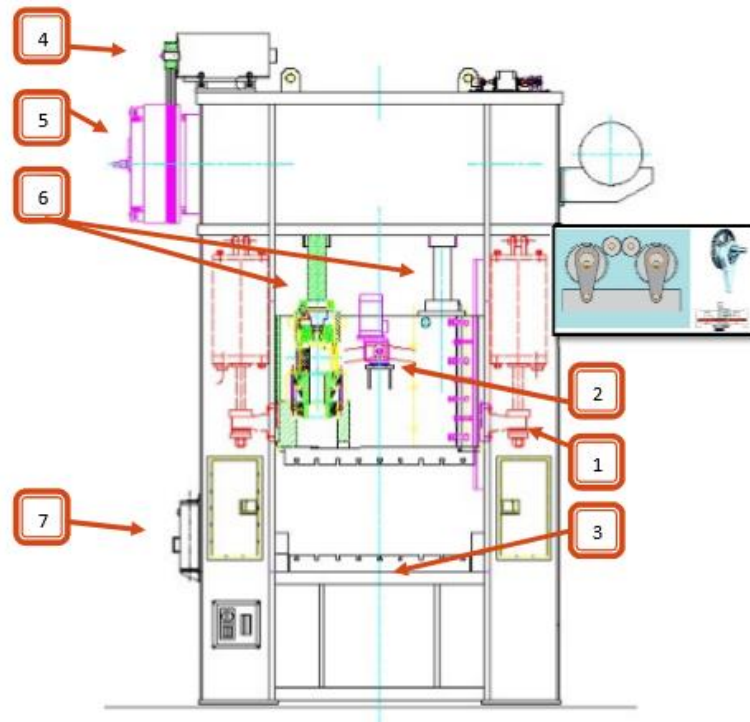


Figura 24 - Anatomia básica de uma prensa mecânica de duplo montante (retirada de [6])

1. Estrutura - é o “esqueleto” da prensa, sustentáculo de todos os seus órgãos mecânicos. Neste trabalho centrar-se-á nas prensas de duplo montante (4 colunas), visto que pela sua maior capacidade de carga possuem maior interesse estratégico - industrial [6].
2. Corrediça - Esta é a parte móvel da prensa. A sua superfície inferior tem também vários furos e guias que servem para fixação de ferramentas.
3. Mesa - esta é uma espessa placa de aço, no qual está fixo o extrator e serve de superfície de trabalho. A mesa contém normalmente vários furos e guias que servem para fixação da matriz e para o acionamento dos extratores.
4. Motor - Esta é a fonte primária de energia da prensa e é normalmente montado na parte superior da estrutura [21].

5. Volante de Inercia - Reservatório de energia mecânica da prensa.
6. Biela - Órgão dinâmico que faz a conexão entre a árvore de excêntricos (manivela) e o carro.
7. Sistema de Controlo - permite a programação automática de uma prensa, processando diversos tipos de sinais, como são os que provêm de outras unidades que trabalham em série com a prensa (sistemas de alimentação, por exemplo), ou mesmo deteção de interrupção de barreiras de segurança. Este dispositivo pára a prensa sempre que se algum dos sinais (inputs) de controlo, não corresponde aos valores estipulados na programação [6].

2.3.1.1. Cinemática

Numa prensa mecânica o movimento alternativo é conseguido através de um sistema biela - manivela (árvore de excêntricos ou cambota e biela). Define-se ponto morto inferior – PMI – como sendo a posição da corrediça correspondente à distância mínima entre a mesa e a corrediça, e ponto morto superior – PMS – como a posição correspondente à distância máxima.

O curso total da corrediça C , é igual a duas vezes o raio r , descrito pelo excêntrico ou manivela, tal que:

$$C = 2r \quad (1)$$

Para definição da cinemática de uma prensa mecânica atente-se na Figura 25:

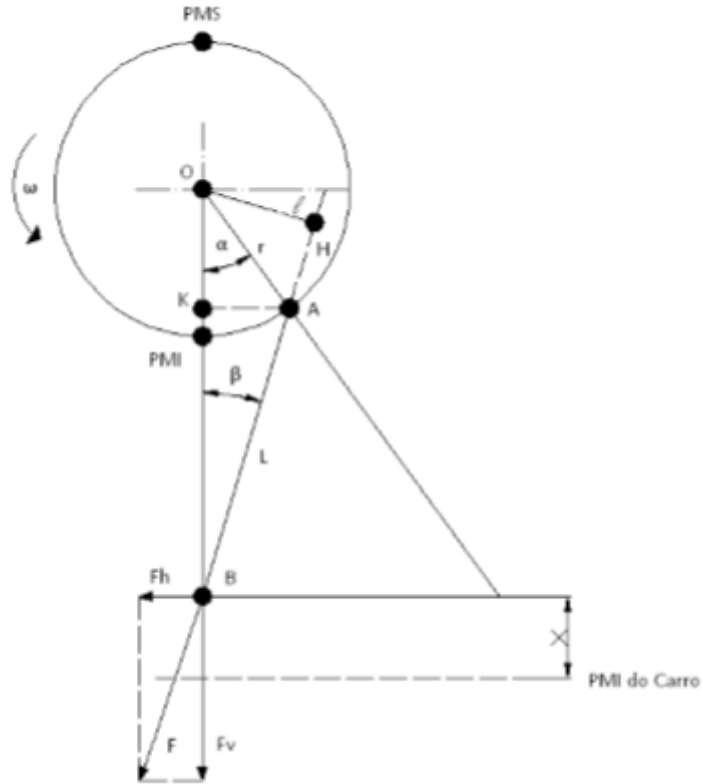


Figura 25 – Cadeia Cinemática de uma Prensa Mecânica (retirada de [22])

Onde:

- w – velocidade angular
- x – distância entre o carro e o PMI
- l – braço da força $F = OH$
- r – raio da manivela
- F – força
- L – comprimento da biela

A coordenada “ x ” da corredeira (cotada a partir do PMI) é dada pela seguinte relação:

$$x = r + L - L \cos \beta - r \cos \alpha \quad (2)$$

Mas,

$$L \sin \beta = r \sin \alpha; \quad \sin \beta = \frac{r}{L} \sin \alpha \quad (3)$$

Logo,

$$\cos \beta = \sqrt{1 - \sin^2 \beta} = \sqrt{1 - \frac{r^2}{L^2} \sin^2 \alpha} \quad (4)$$

Substituindo,

$$x = r + L - \sqrt{L^2 - r^2 \sin^2 \alpha} - r \cos \alpha \quad (5)$$

Sabendo que $\alpha = \omega t$, podemos escrever:

$$x = r(1 - \cos \omega t) + L - \sqrt{L^2 - r^2 \sin^2 \omega t} \quad (6)$$

A expressão anterior pode-se escrever de uma forma aproximada:

$$x = r(1 - \cos \omega t) + \frac{r^2}{2L} \sin^2 \omega t \quad (7)$$

Ou ainda:

$$x = r(1 - \cos \omega t) \quad (8)$$

Se voltarmos a substituir ωt por α , temos:

$$x = r(1 - \cos \alpha) \quad (9)$$

Esta equação permite descrever o movimento vertical do carro relativamente ao PMI [22].

2.3.2. Prensas Hidráulicas

As prensas hidráulicas tem um funcionamento relativamente mais simples, faz uso de um motor elétrico, normalmente de maiores dimensões do que nas prensas mecânicas, que aciona a bomba hidráulica e faz o bombeamento de óleo para o cilindro (Figura 26). Neste caso, o motor precisa de debitar efetivamente a potência necessária ao trabalho de deformação, facto que não ocorria com as prensas mecânicas em que é o volante de inércia a fonte de energia de deformação [21]. Em consequência, estas prensas apresentam uma melhor condição de controlo das variáveis mecânicas do processo do que as prensas mecânicas excêntricas, apesar de operarem a velocidades menores [15].

As prensas hidráulicas são recomendadas para trabalhos de estampagem profunda sendo pouco recomendável a sua utilização em operações de corte devido ao elevado risco de destruição do seu sistema [14].



Figura 26 – Prensa Hidráulica com 4 colunas (retirada de [23])

2.4. Tipo de Ferramentas

No que toca a conceitos de elaboração de ferramentas de estampagem, existem dois tipos distintos, as ferramentas progressivas e as ferramentas transfer [7].

A dimensão da série, o tipo de material a estampar e a sua espessura, a qualidade e a fiabilidade pretendida na peça, tanto no aspeto como dimensional, bem como a sua geometria são fatores sempre levados em consideração quando se trata de dar início ao projeto de uma ferramenta. Por outro lado, fatores característicos da empresa estampadora têm também que ser levados em linha de conta. A cadência pretendida e o equipamento disponível, quer ao nível de prensas quer ao nível dos sistemas de alimentação e de extração de desperdícios, são fatores importantes na definição do tipo de ferramenta a desenvolver [14].

2.4.1. Ferramentas Progressivas

Uma ferramenta progressiva é concebida para executar uma sequência de operações de conformação, a partir de uma banda de chapa metálica de alimentação contínua, em duas ou mais estações (passos ou etapas) em cada curso da prensa (Figura 27). Fabrica-se, assim, transformando-se de forma progressiva a banda metálica que se move ao longo da ferramenta progressiva numa peça de acordo com as suas especificações [9]. Neste caso, as operações são sequenciais, à medida que a banda ou tira de chapa vai entrando na prensa. Entre cada descida da corrediça, dá-se o deslocamento da banda, designado por “passo ou avanço da ferramenta”.

Nestas ferramentas, a banda de metal sofre, à medida que avança no interior da ferramenta progressiva, embutiduras, puncionamentos, entalhes, arrombamentos sendo a última operação, geralmente o corte exterior (ou separação da peça do esqueleto) [5].



Figura 27 – Ferramenta Progressiva

2.4.2. Ferramentas Transfer

As ferramentas do tipo transfer são ferramentas em que o processo se designa por uma sucessão de operações diferentes em várias ferramentas colocadas numa mesma prensa (Figura 28), ou em prensas distintas (Figura 29), em que, a matéria-prima pode entrar a partir de bobines e posteriormente ser cortada na 1ª operação da ferramenta ficando com a porção de chapa ideal para as restantes operações, por outro lado pode entrar a partir de bobines, como na situação anterior, e ser cortada em guilhotina previamente da entrada na ferramenta, ou em ultimo caso os formatos já se encontram cortados, sendo colocados na prensa com o auxílio do sistema pick-and-place.

As várias operações destas ferramentas encontram-se dispostas sequencialmente na ferramenta tal como nas ferramentas progressivas, separadas entre si por uma distância pré-definida, o passo da ferramenta, no entanto a progressão da chapa no interior da ferramenta é conseguida à custa de um sistema automatizado, que por intermédio de barras que servem de suporte às sobrebarras ao qual são aparafusadas as diferentes tipologias de transferência entre estações, às quais podemos destacar as pinças, colheres ou palas e ventosas. Esta atuação de movimentação de formatos ao longo da ferramenta é sincronizada com o funcionamento da prensa, de modo a que se consiga reduzir os tempos mortos e assim rentabilizar o funcionamento da mesma [7].



Figura 28 – Ferramenta + Sistema transfer numa mesma prensa



Figura 29 – Linha “Transfer” de Prensas com alimentação robotizada (retirada de [6])

2.4.3. Comparação Ferramentas Transfer e Progressivas

As ferramentas transfer surgiram da necessidade de produzir peças com geometrias cada vez mais complexas (ao deixar de possuir uma ligação física entre as diversas operações torna-se possível a colocação de punções, cunhos, matrizes e restantes componentes inerentes ao processo de estampagem em locais que numa ferramenta progressiva seriam impossíveis), e também da necessidade crescente de reduzir o consumo de matéria-prima (as ferramentas transfer possuem tipicamente valores de aproveitamento de matéria-prima superiores devido a dispensarem a ligação física entre operações) [7].

A ferramenta transfer é mais flexível do que as ferramentas progressivas na medida em que por um lado as regulações podem ser feitas em cada posto, independentemente dos seguintes, e por outro lado permitem uma maior complexidade às peças estampadas [5].

Em contrapartida, as ferramentas progressivas representam uma solução menos complexa, mais barata, com a capacidade de trabalhar a cadências mais elevadas em comparação com as ferramentas transfer. [7]

2.5. Sistema Transfer

O sistema transfer tem sido bastante útil, dado que as prensas mecânicas estão a ser cada vez mais rentabilizadas no sentido de produzir peças bastantes complexas e reduzir o consumo de matéria-prima. Há vários tipos de equipamentos de transferência de peças já projetados e têm evoluído, principalmente com base nas exigências dos fabricantes de automóveis [24].

Por definição, os sistemas transfer são dispositivos usados para transferir peças entre as diferentes estações das ferramentas transfer [25]. A utilização deste equipamento faz com que a produção aumente significativamente, reduzindo drasticamente os índices de paragem de fabrico e a redução substancial dos custos de produção.

As aplicações podem ser adequadas a cada ferramenta, ou seja, os transferes poderão ser desenvolvidos conforme a necessidade e característica específica de cada situação. Uma das vantagens deste sistema autónomo é que pode ser aplicada independentemente do porte ou da velocidade da máquina. As prensas transfer são normalmente equipadas com transferes servo-motorizados a três eixos o que permitem flexibilidade e precisões elevadas [24].

2.5.1. Tipologias de Sistemas Transfer

Os sistemas de transferência de peças de estação em estação da matriz podem ser:

- Transfer Crossbar
- Transfer Tri-axial

2.5.1.1. Transfer Crossbar

Nas linhas de prensas “tandem” as prensas estão distribuídas uniformemente. Em cada uma destas existe uma ferramenta que executa uma única operação de conformação, à medida que a peça é produzida. O transporte destas é executado automaticamente devido a este sistema transfer, ao qual pode ser construído de diferentes maneiras, tais como: alimentadores de braços articulados, alimentadores CN e robôs [25].

Estes sistemas de transferência, contêm ventosas de sucção (Figura 30), que estão presas a barras de transporte (carriages) que executam a etapa longitudinal da alimentação de uma matriz para a seguinte. Por sua vez essa barra de transporte longitudinal está fixa a uma outra barra que executa os movimentos na vertical, estes movimentos de subida e descida fazem o posicionamento correto da peça na matriz a jusante (Figura 31). Para estes movimentos não são usados nenhuns elevadores ou ejetores, tal como acontece nas matrizes [26].



Figura 30 – Transfer Crossbar (retirada de [24])

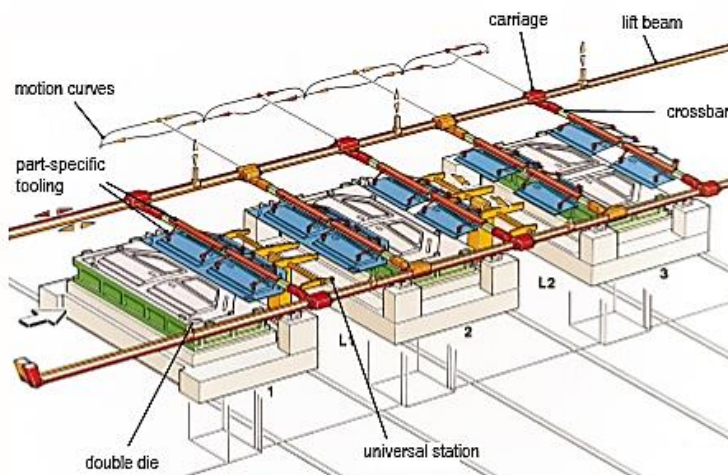


Figura 31 – Transfer Crossbar a 2 eixos na produção de portas de veículos (retirada de [26])

2.5.1.2. Transfer Tri-axial

A contínua melhoria da performance dos sistemas de deslocação das peças para se conseguir atingir uma sincronização perfeita com os sistemas envolvidos na conformação das mesmas, foi possível melhorar os tempos de produção e reduzir os custos de investimento. O transporte das peças desde o primeiro estágio até ao último, apenas necessita de um sistema transfer, com a possibilidade de atingir velocidades elevadas de produções [26].

O transfer dependendo da geometria da chapa ou do formato pode ter diferentes tipologias, tais como as que são representadas na Figura 32. O sistema transfer é equipado, em alguns casos, com atuadores pneumáticos que ativam as pinças durante o transporte das peças, para se verificar uma maior robustez nas deslocações.

Com a finalidade em auxiliar a maior rapidez no transporte, os tubos de suporte das pinças e das colheres são construídos de forma a criar o menor peso possível, usando para isso perfis cilíndricos ocos. O sistema transfer é eletronicamente monitorizado através do painel de comando da prensa, que demonstra qual o transfer que se encontra em atuação através dos sensores colocados nos mesmos.

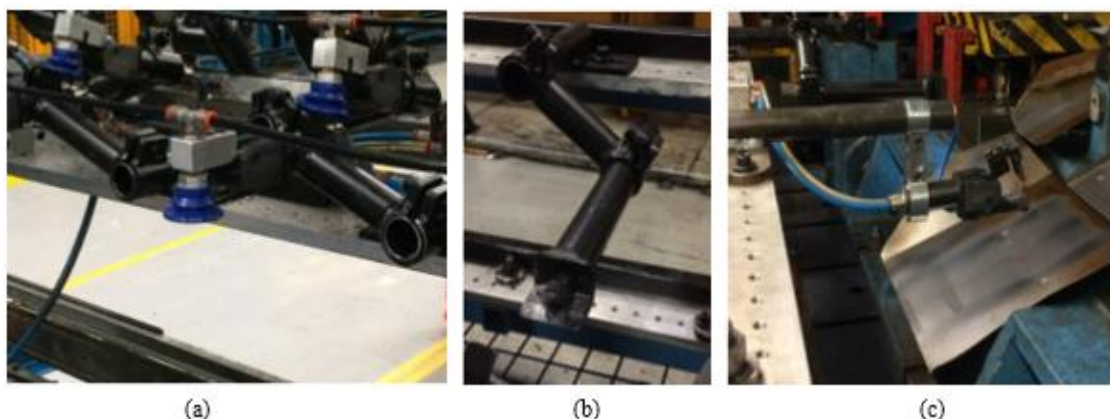


Figura 32 – (a) ventosas de sucção; (b) colheres mecânicas; (c) pinças pneumáticas

Os 3 movimentos do transfer podem ser decompostos em 3 eixos diferentes:

- O eixo dos X's, que representa o avanço-recuo, tem a função dos movimentos longitudinais do transporte das peças de estação em estação, movimento este paralelo aos postos de conformação.
- O eixo dos Y's que representa a abertura-fecho, executa movimentos transversais às zonas de conformação, tendo como finalidade apanhar as peças de um posto e largá-las no posto seguinte
- O eixo dos Z's que representa a subida/descida, executa os movimentos verticais das peças, ao qual se pretende minimizar o mais possível para se conseguir ter um movimento apenas em 2 eixos e tornar o processo de deslocação ainda mais rápido.



Figura 33 – Sistema de eixos Ortogonais dos movimentos do transfer

Vantagens do sistema Tri-axial [24]:

- Grandes taxas de transferência;
- Custo/benefício do investimento para aumentar a produção e o desempenho de qualidade;
- Tempos de execução curtos em consonância com a troca de ferramentas da prensa;
- Montagem flexível permite que uma variedade de configurações possa ser aplicada;
- Flexibilidade e adaptabilidade para aplicações futuras;

Desvantagens do sistema Tri-axial:

- Vibrações no transporte das peças, devido às acelerações/desacelerações do sistema transfer;
- Falha dos sensores transfer, devido à sujidade (óleos que interferem na exequibilidade do sensor);
- Fadiga de contacto entre a chapa e as colheres (Figura 34);



Figura 34 – Fadiga de contacto entre a chapa e a colher

Capítulo 3

Descrição do Problema e Metodologias

Este capítulo tem como finalidade apresentar uma descrição aprofundada do problema, à qual se pretende dar uma solução de otimização de cadência e a demonstração da metodologia adotada para o cumprimento dos objetivos propostos.

3. Descrição do Problema e Metodologias

3.1. Elementos de Estudo

Os elementos de estudo para a obtenção da otimização da cadência da referência E843243U1E (Figura 35) cujas propriedades mecânicas e químicas se encontram presentes no Anexo A são: a Ferramenta transfer (Figura 36), responsável por todas as operações de conformação plástica da chapa até à obtenção da peça final, cujas especificações técnicas se encontram presentes no Anexo B, e o sistema transfer (Figura 37) incumbido da movimentação da chapa entre as estações das operações de conformação, cuja programação deste se encontra no Anexo C.



Figura 35 - Referência E843243U1E



Figura 36 - Ferramenta Transfer

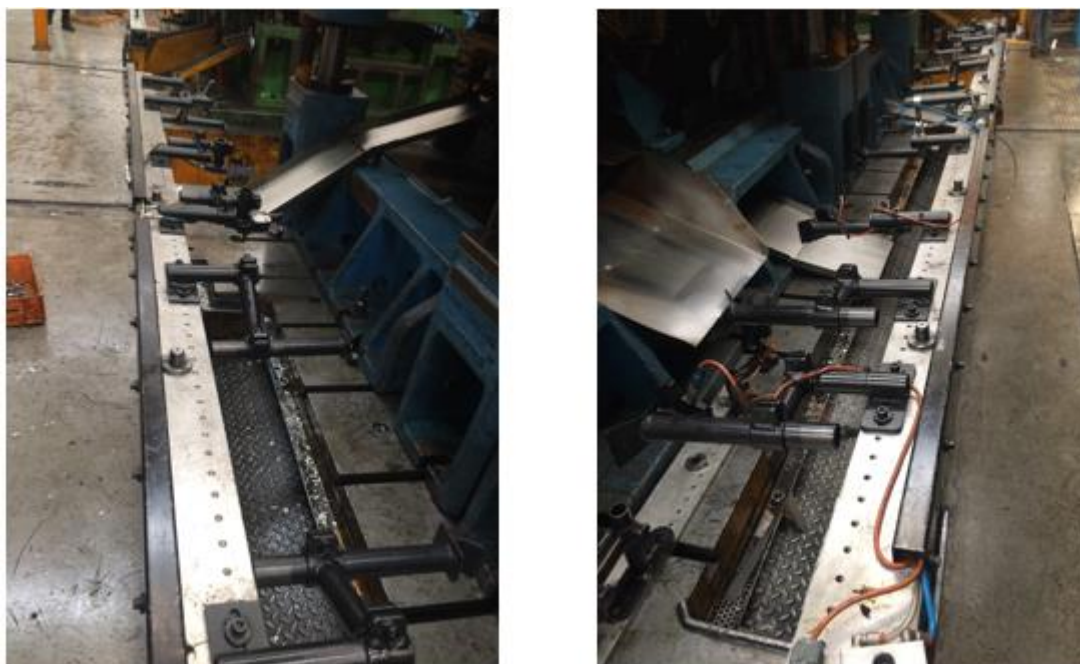


Figura 37 – Sistema Transfer

3.2. Caso de Estudo

A forte concorrência que se faz sentir na indústria automóvel tem levado os fabricantes de automóveis a procurar as melhores formas de gerir e minimizar os seus custos de produção. Fatores que assumem especial relevância neste contexto, quando o objetivo é a procura constante de melhorias [27].

Neste sentido, na situação atual, a prensa P0800T01 (Figura 38), trabalha a 12 golpes/min, velocidade de trabalho da referência, sendo que a velocidade máxima desta é de 25 golpes/min, ou seja a prensa trabalha à velocidade referida anteriormente pois, o sistema transfer como efetua cursos extremamente elevados não possibilita a deslocação das peças a uma velocidade superior aquela imposta, com o risco de acontecer colisões deste com as colunas de guiamento da Ferramenta (Figura 39), como também ajustes constantes no sistema transfer.

Neste sentido e tal como foi abordado no enquadramento, é necessário otimizar o processo de produção, que poderá passar na alteração dos mecanismos do sistema transfer ou noutra vertente na modificação da construção da Ferramenta, a fim de se alcançar uma solução que seja eficiente e que consiga no limite minimizar todos os problemas atuais nas suas produções.



Figura 38 - Prensa P0800T01



Figura 39 - Possível colisão Ferramenta + Sistema Transfer

3.3. Pré-estudo

Realizaram-se algumas pesquisas para avaliar o mercado na construção de ferramentas + sistemas transfer, tendo por base a utilização das mesmas em prensas mecânicas. Para esta abordagem foi consultada, a informação contida no caderno de Encargos de Ferramentas da Gestamp Divisão EU.Sul, como também o acompanhamento dos ensaios das novas ferramentas transfer nas diversas prensas presentes na fábrica.

Estas observações e análises foram bastante elucidativas, na medida em que permitiram compreender e aprender as metodologias vigentes para a construção do transfer como também as tipologias favoráveis para a modelação e conceção das novas ferramentas transfer.

Os fatores a ter em consideração na construção das ferramentas + sistemas transfer são:

- O espaço entre operações (passos) deverá ser o mais curto possível (menor movimentação do transfer);
- A posição das colunas / guiamentos não deverá interferir com o movimento do transfer (sempre que possível deverão estar posicionadas entre passos);
- Preferencialmente e sempre que possível as barras deverão trabalhar por dentro das colunas/guiamento (menor movimentação do transfer);
- A posição de varrimento do transfer deverá ser o mais próximo possível das zonas de trabalho; a distância mínima do transfer será consoante a dimensão da peça nesse posto e no anterior;
- A zona de varrimento do transfer deverá estar totalmente desobstruída;
- O passo entre todos os estágios deverá ser exatamente igual.
- Deverá ser identificado qual o posto que obriga à abertura mínima conseguida (o mais limitativo) e verificar se esta não pode ser reduzida.
- Após a peça estampada, a ferramenta tem de garantir sempre a mesma posição desta, através de centradores/posicionadores exteriores ou interiores à peça [28].

Pela visualização das Figuras 40 e 41 podemos verificar duas tipologias diferentes de ferramentas que respeitam os fatores a ter em conta enunciados anteriormente.

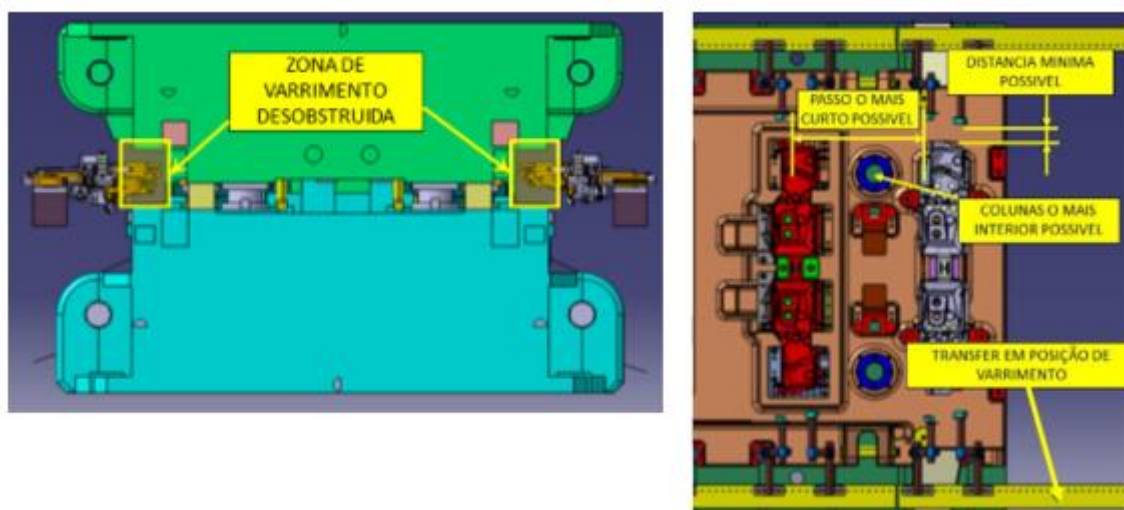


Figura 40 – 1ª tipologia de construção da Ferramenta transfer (retirada de [28])

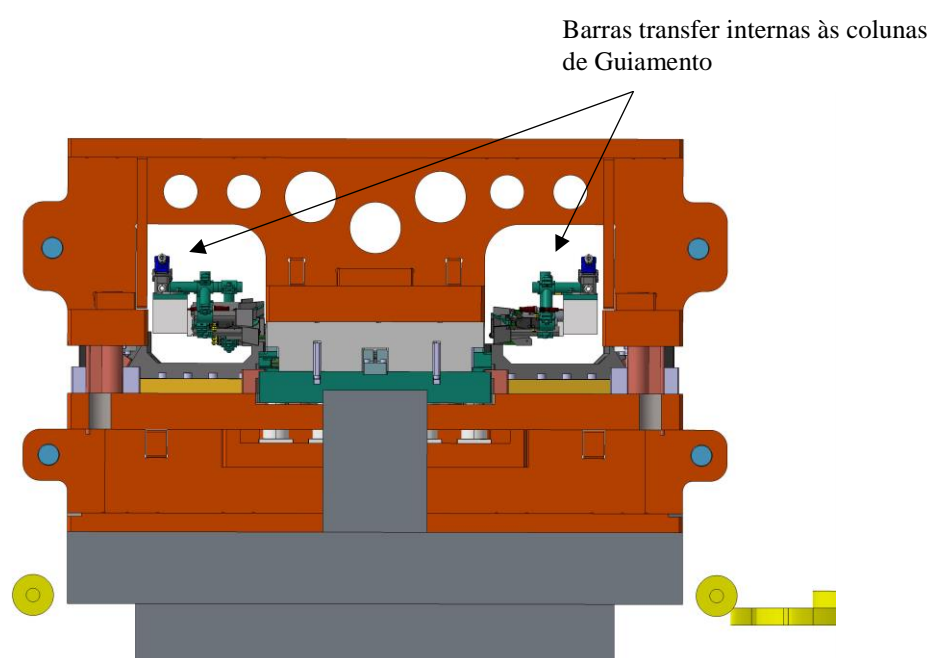


Figura 41 - 2ª tipologia de construção de Ferramentas transfer – barras transfer internas às colunas de guiamento (retirada de [29])

3.4. Metodologia 1

Esta 1ª Metodologia aborda a perspetiva de alteração dos diferentes mecanismos presentes no sistema transfer. A alteração no sistema transfer é preferencial à modificação da ferramenta, devido ao facto que uma nova modelação e construção requer custos extremamente elevados.

Para alcançar os objetivos propostos na metodologia 1 foi definida a seguinte sequência operacional: (Figura 42)

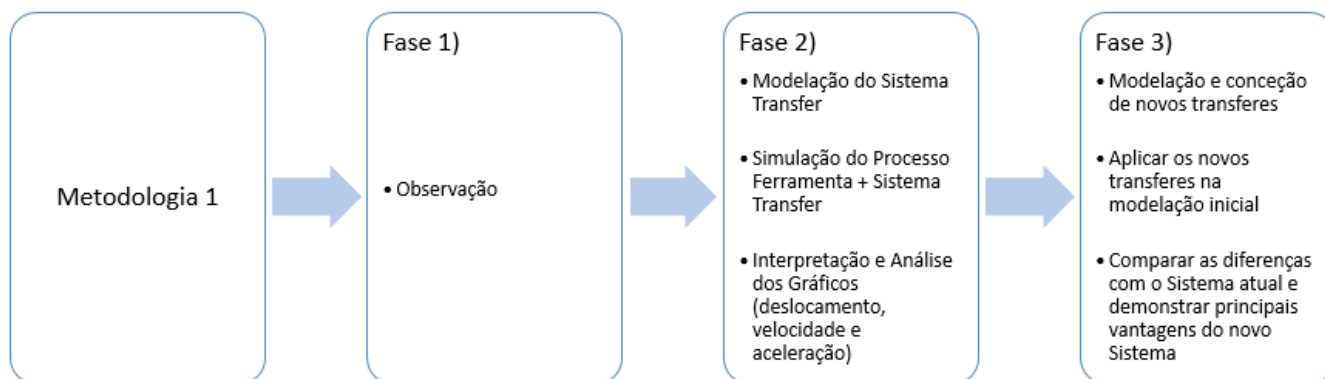


Figura 42 – Sequência da Metodologia 1

3.4.1. Fase 1)

➤ Observação

A fase 1) adotada nesta metodologia baseou-se inicialmente na observação e compreensão do problema em questão. Neste sentido foram visualizadas diversas produções da referência em estudo, com o intuito de perceber os principais constrangimentos, nomeadamente as possíveis colisões Ferramenta + sistema transfer como também alinhamentos dos mesmos (Figura 43).

Os principais constrangimentos/cuidados detetados na disposição do transfer foram:

- Alinhamento do transfer do 3º e 4º posto com as colunas de guiamento (1º e 2º módulo da Ferramenta).
- Alinhamento do transfer do 5º posto com coluna de guiamento (2º módulo da Ferramenta)
- Movimentos de recuo do transfer às posições iniciais, tangentes com o movimento descendente das colunas.

Para além do referido anteriormente, a Gestamp Aveiro dispõe de um sistema de monitorização, que acompanha todas as produções que se encontram em máquina, desta maneira foi possível ter acesso a diários de bordo, cujos se encontram no anexo D, que quantificam tempos de produção, paragem, e de abertura como também a identificação das causas das paragens.

Assim sendo, através desta recolha de dados foi dada a possibilidade de perceção da repetibilidade das falhas e a identificação das mesmas. No caso em questão deu-se maior relevância às falhas do sistema transfer.



Figura 43 – Alinhamentos sistema transfer com as colunas de guiamento

3.4.2. Fase 2)

➤ Modelação do Sistema Transfer

A fase de conceção do sistema transfer veio ajudar a determinar o conceito a desenvolver. Para que esse desenvolvimento fosse mais expedito, foi solicitado ajuda ao gabinete de projeto de ferramentas da GAV, para que disponibilizasse o CAD da ferramenta da peça em estudo (Figura 44).

O procedimento, para se obter o sistema transfer modelado passou pelos seguintes tópicos enumerados:

- 1) Medição de todas as partes constituintes do sistema transfer, através de instrumentos de metrologia.
- 2) Modelação do sistema transfer, através do software *CATIA V5R21*
- 3) Junção da ferramenta ao sistema transfer modelado, obtendo-se desta forma o conjunto final (Figura 45)

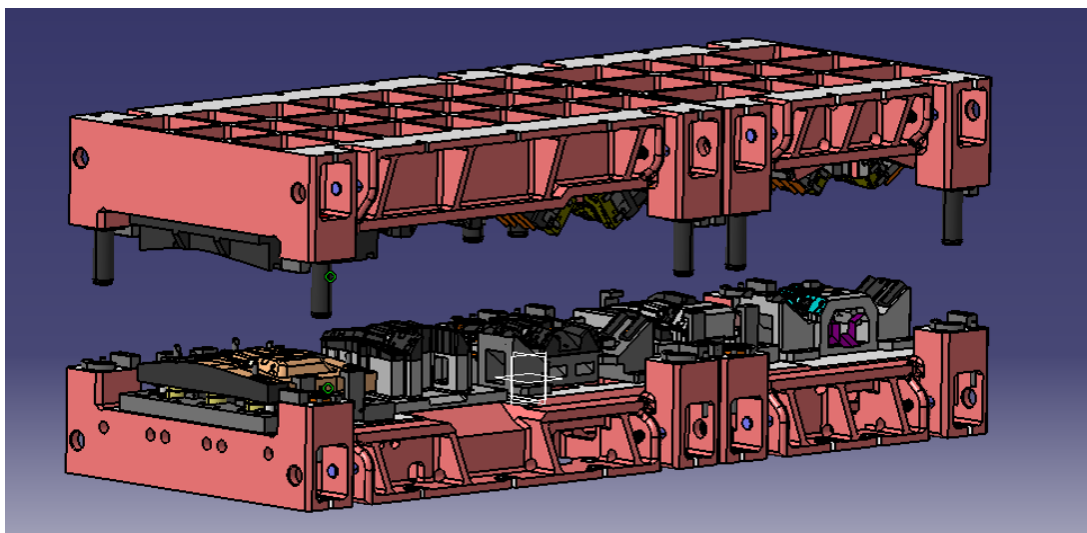


Figura 44 – Ferramenta transfer da peça E843243U1E

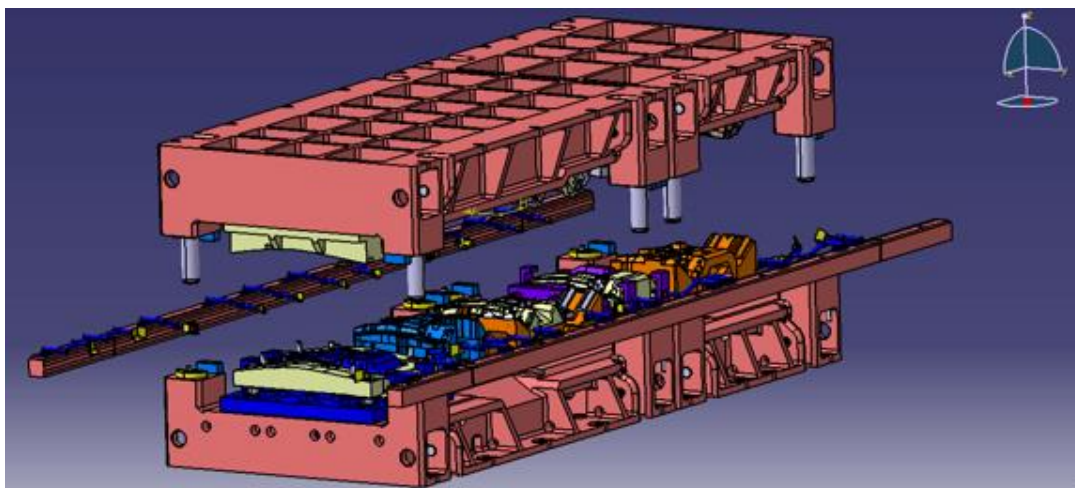


Figura 45 – Ferramenta + sistema transfer

➤ Simulação do processo ferramenta + sistema transfer

Através da simulação do movimento da ferramenta, com a do sistema transfer , foi possível apercebermo-nos que qualquer alteração que fosse feita a este último não se iria obter uma otimização relevante.

A criação de novas tipologias transfer para evitar os problemas existentes em alguns postos de conformação, como os alinhamentos das colunas de guiamento com as pinças ou colheres, iria gerar um sistema de deslocação de peças mais complexo e com mais imperfeições do que ao que está em vigor (Figura 43).

Por outro lado, com estas modificações, o sistema transfer continuaria a realizar o mesmo curso que fazia anteriormente, pois as barras transfer teriam sempre de contornar as colunas, que efetivamente se encontram a uma distância considerável dos postos de conformação (Figura 46).

Desta forma, e sem se verificar o objetivo pretendido suprimiu-se a fase 3) e consequentemente a continuidade desta metodologia.

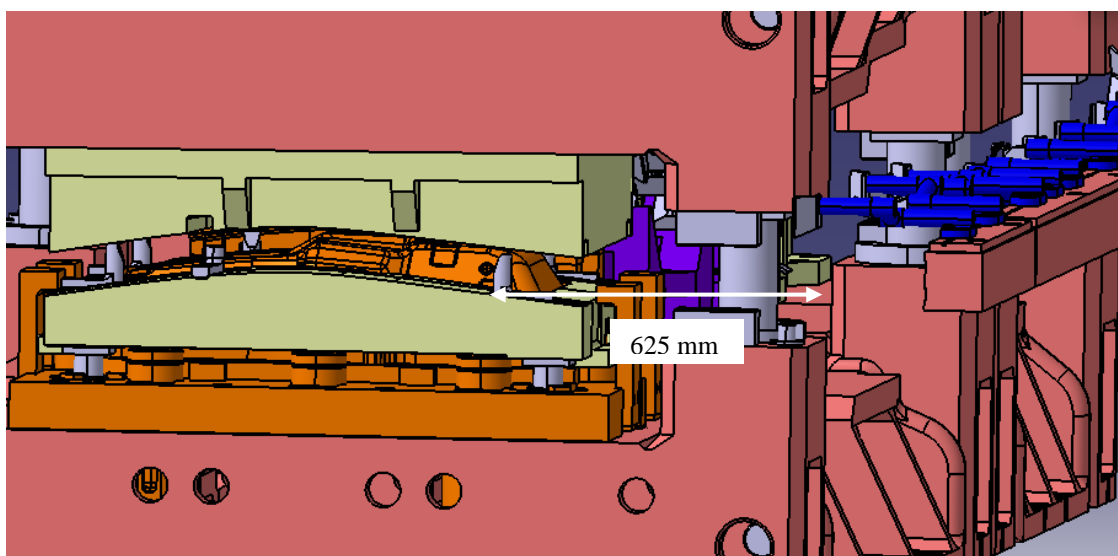


Figura 46 – Distância das pinças aos postos de conformação

3.5. Metodologia 2

Esta 2ª Metodologia aborda a perspectiva de modificação da construção da ferramenta. Metodologia esta que será levada a cabo até ao final deste projeto.

Aproveitando os 2 primeiros pontos obtidos na metodologia 1, a metodologia 2 foi definida através da seguinte sequência operacional: (Figura 47)

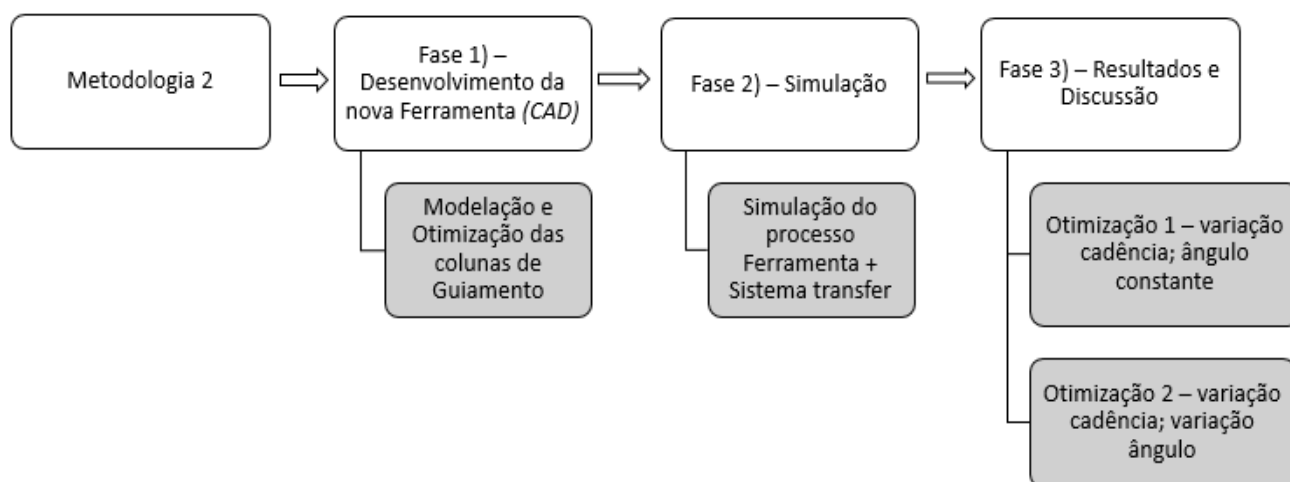


Figura 47 – Sequência da Metodologia 2

Para uma melhor clarificação de todas as fases de desenvolvimento da metodologia 2, estas serão apresentadas nos capítulos 4 e 5.

Capítulo 4

Desenvolvimento da nova ferramenta Transfer

Neste capítulo são dadas a conhecer ao leitor todas as fases essenciais que estiveram envolvidas no Desenvolvimento da nova ferramenta transfer.

4. Desenvolvimento da nova Ferramenta Transfer

O início do projeto de desenvolvimento da nova ferramenta passou pelo estudo dos seguintes tópicos:

- 4.1. – Revisão do pré-estudo efetuado (Capítulo 3)
- 4.2. – Causas que influenciam a movimentação dos 3 eixos do transfer
- 4.3. – Identificação do(s) eixo(s) do transfer a otimizar tendo em conta o custo de alteração na ferramenta
- 4.4. – Modelação da nova Ferramenta

Estas informações além de orientar na geração da solução fornece a base que irá possibilitar a busca por um resultado que seja eficiente e que apresente o menor custo para a empresa. Pelo exposto deverão ser estudadas todas as possíveis maneiras de alteração da ferramenta de forma a conseguir a melhor otimização do sistema.

4.1. Revisão do pré-estudo

Como foi visto no capítulo 3, abordou-se 2 formas de construção das novas ferramentas transfer, em que para ambas o objetivo principal é a diminuição dos cursos do transfer nos 3 eixos correspondentes.

Na 1ª tipologia apresentada, a ferramenta é construída com as colunas de guiamento o mais internas possíveis para que desta maneira, a abertura/fecho do transfer execute, o menor deslocamento até as zonas de conformação. Como se pode ver através da Figura 48, a geometria da ferramenta vista do topo para o centro demonstra uma convergência até à zona de varrimento do transfer, para que desta maneira facilite a sua movimentação.

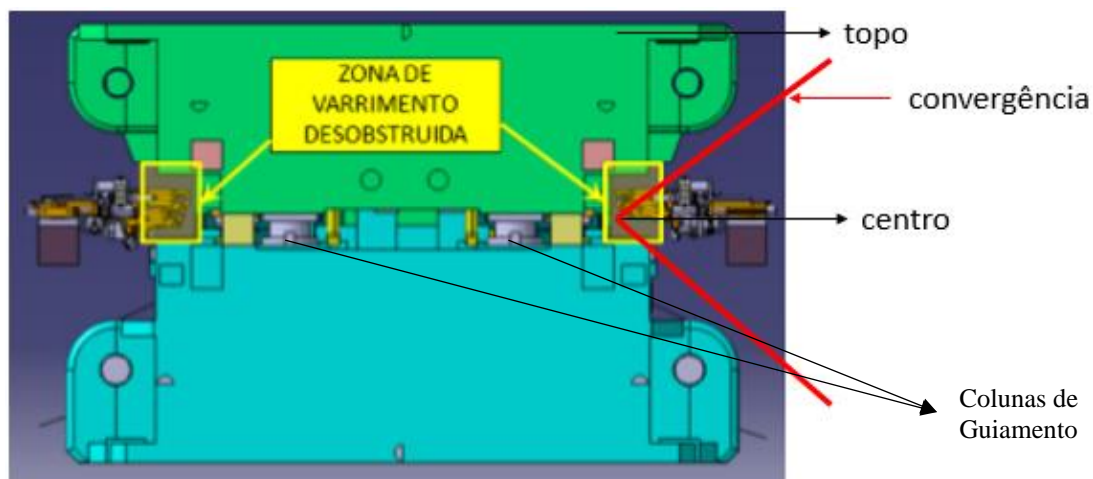


Figura 48 – 1ª tipologia de construção do transfer (retirada de [28])

Na 2ª tipologia, a ferramenta é construída de forma a que as barras transfer estejam dentro da ferramenta, isto permite que o transfer esteja o mais próximo possível das zonas de conformação, respeitando sempre a folga mínima entre as barras transfer e a ferramenta. Como se pode verificar na Figura 49, a geometria da ferramenta apresenta as colunas de guiamento bastante afastadas das zonas de conformação, o que permite a criação de espaços entre estes 2 últimos, às quais se efetuam rasgos para posterior aplicação do sistema transfer para que permita a este executar as suas movimentações nos 3 eixos.

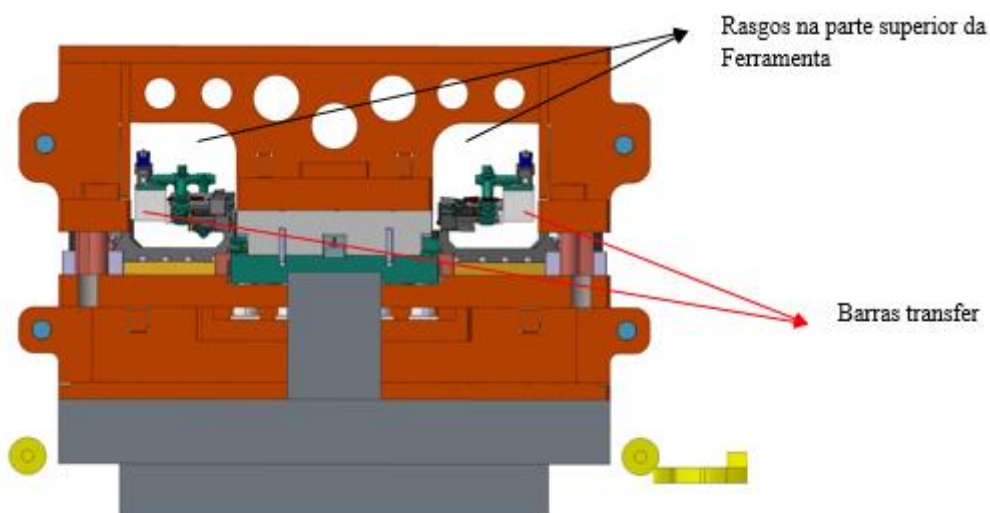


Figura 49 -- 2ª tipologia de construção de Ferramentas transfer (retirada de [29])

4.2. Causas que influenciam a movimentação dos 3 eixos do transfer

Como vimos no ponto anterior, a forma como se constrói uma ferramenta transfer, tem uma importância crucial no modo como o sistema transfer consegue fazer a deslocação das peças. Assim sendo as causas que influenciam a movimentação nos 3 eixos do transfer são no caso da:

- Abertura/Fecho – Aproximação das colunas de guiamento às operações de conformação ou colocação do transfer interno à ferramenta transfer;
- Subida/Descida – Altura de embutidura da referência;
- Avanço/Recuo – Passo da Ferramenta;

4.3. Identificação do(s) eixo(s) do transfer a otimizar tendo em conta o custo de alteração na Ferramenta

Com a conclusão dos dois pontos anteriores, foi possível ter uma noção mais clara acerca da forma de otimização das ferramentas e de que forma o sistema transfer pode ser afetado mediante essa idealização de construção. A melhor forma de reduzir os custos de intervenção da ferramenta será analisar que eixo ou que eixos do transfer podem ter um curso menor de atuação e idealmente um aumento na sua velocidade de execução. Neste sentido foi feito um estudo minucioso a todos os parâmetros que influenciam a movimentação nos 3 eixos do transfer.

Para isso recorreu-se à tabela 1 em que nos indica a programação do transfer nos seus 3 eixos de atuação.

	Ângulo		Posição Martelo		Posição Transfer (mm)	Curso Transfer (mm)	Velocidade Transfer (mm/s)	Velocidade máxima servomotor (mm/s)
	Início	Fim	Início (mm)	Fim (mm)				
PMI	180°		0		-	-	-	-
1	241°	320°	182,9	626,9	550	625	569,62	600
2	315°	347°	606,0	700,9	850	140	315	840
3	330°	25°	662,4	676,7	1000	900	1178,18	2500
PMS	0		710		-	-	-	-
4	5°	37°	708,6	638,5	710	140	315	840
5	20°	99°	688,6	299,5	1175	625	569,62	600
6	50°	235°	583,2	151,4	100	900	350,27	2500

Tabela 1 – Programação do Transfer (retirada de [30])

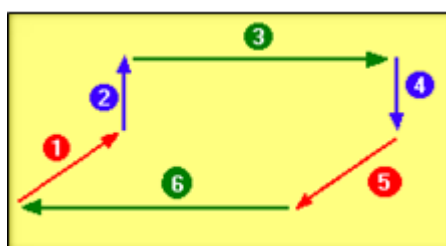


Figura 50 – Numeração dos movimentos do transfer nos 3 eixos (retirada de [30])

Começando pelo avanço-recuo do sistema transfer notamos que, quer no ponto 3 (avanço) como no ponto 6 (recuo), o transfer executa um curso de 900 mm (Tabela 1), isto quer dizer que estamos perante um passo de ferramenta bastante longo (Figura 51) e que uma otimização nesse sentido levaria a custos extremamente elevados pois seria necessário uma reestruturação da posição dos postos de conformação da ferramenta, no sentido de os aproximar o mais possível, o que poderia não ser viável visto que todos os 5 postos teriam de ser maquinados e reajustados.

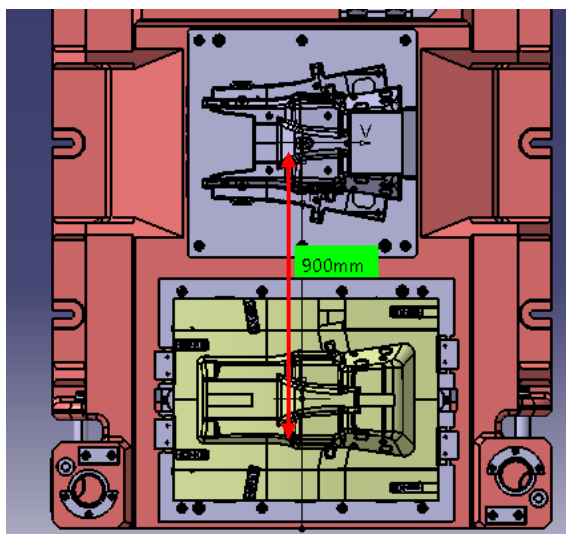


Figura 51 – Passo da Ferramenta

No caso da subida (2) /descida (4), o transfer vai depender essencialmente da altura de embutidura, que normalmente se estabelece no 1º posto das ferramentas transfer. Este movimento de elevação já se encontra otimizado não havendo desta maneira, a possibilidade de diminuir o movimento vertical do transfer. (Figuras 52 e 53)

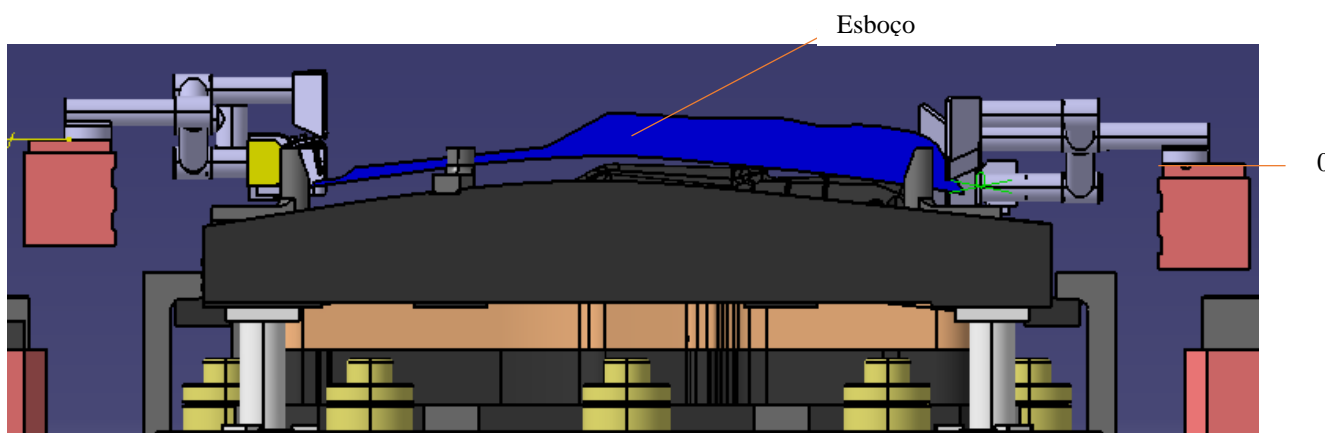
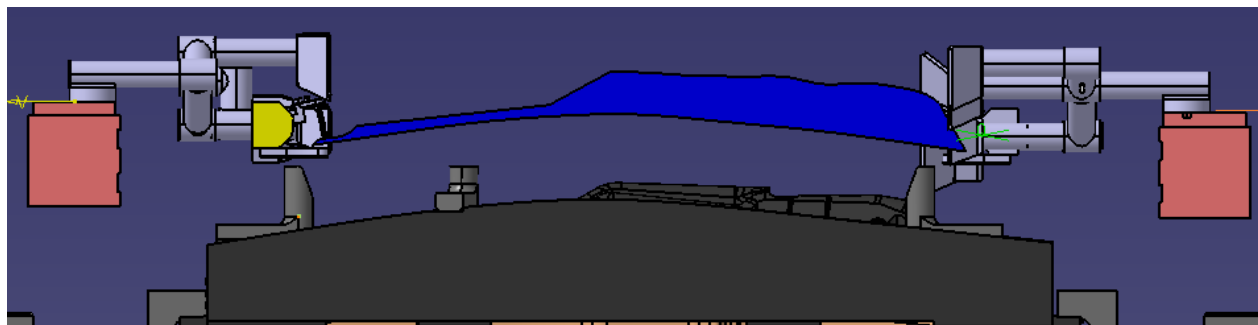


Figura 52 – Início da Subida transfer



140

Figura 53 – Fim da Subida transfer

No caso da abertura (1) /fecho (5), no qual se refere à aproximação e ao afastamento do transfer às zonas de conformação, o principal problema que este eixo tem, em conseguir ter cursos menores é devido ao afastamento das colunas aos postos de conformação.

A otimização pensada para este eixo, passaria pela aproximação das colunas aos respetivos postos, o que levaria a uma diminuição do curso do transfer e um aumento no comprimento da ferramenta, o que seria exequível visto que a empresa dispõe de várias prensas, que pelas suas dimensões permitiriam a colocação desta nova ferramenta.

A outra hipótese demonstrada no pré-estudo, nomeadamente a 2ª tipologia de construção, foi rejeitada pois esta tipologia obrigava a duas intervenções, uma na ferramenta e outra no transfer. No caso da ferramenta seria necessário aumentar a sua largura, para colocação do transfer no seu interior, o que pelas especificações técnicas das prensas, o intervalo de largura das ferramentas é sempre bastante inferior em comparação com a dos seus comprimentos, o que poderia originar a não factibilidade da construção. No caso do transfer a possibilidade dos tubos que suportam as pinças e as colheres serem maquinados devido à sua proximidade aos postos de conformação. Desta maneira esta 2ª hipótese de otimização apresentava custos superiores à 1ª demonstrada.

Em conclusão desta análise extensiva aos 3 movimentos do transfer, verificou-se que o movimento que evidencia menores custos de alteração na otimização da ferramenta seria o movimento da abertura/fecho do transfer.

4.4. Modelação da nova Ferramenta

A modelação da nova Ferramenta passou pelas seguintes fases:

- No caso da parte inferior da Ferramenta:

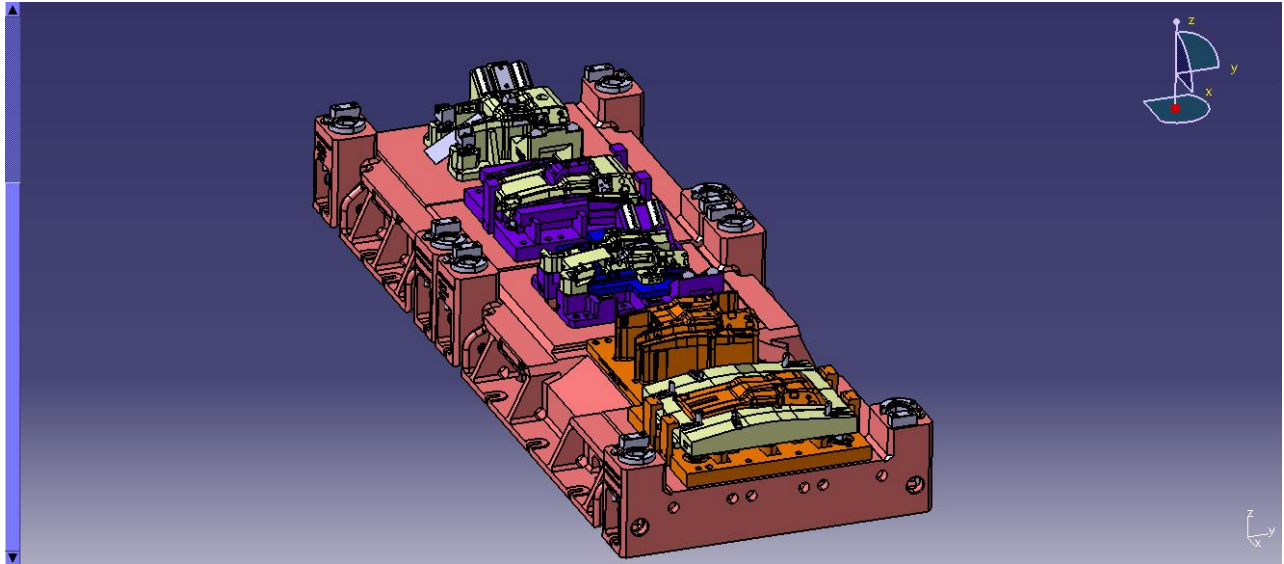


Figura 54 – Fase 1

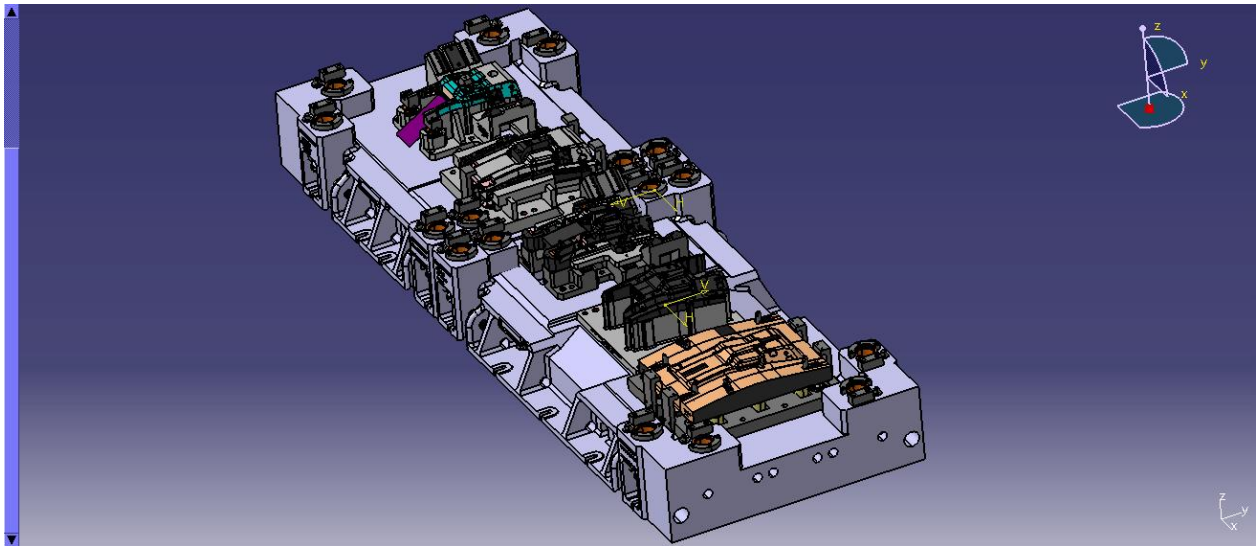


Figura 55 – Fase 2

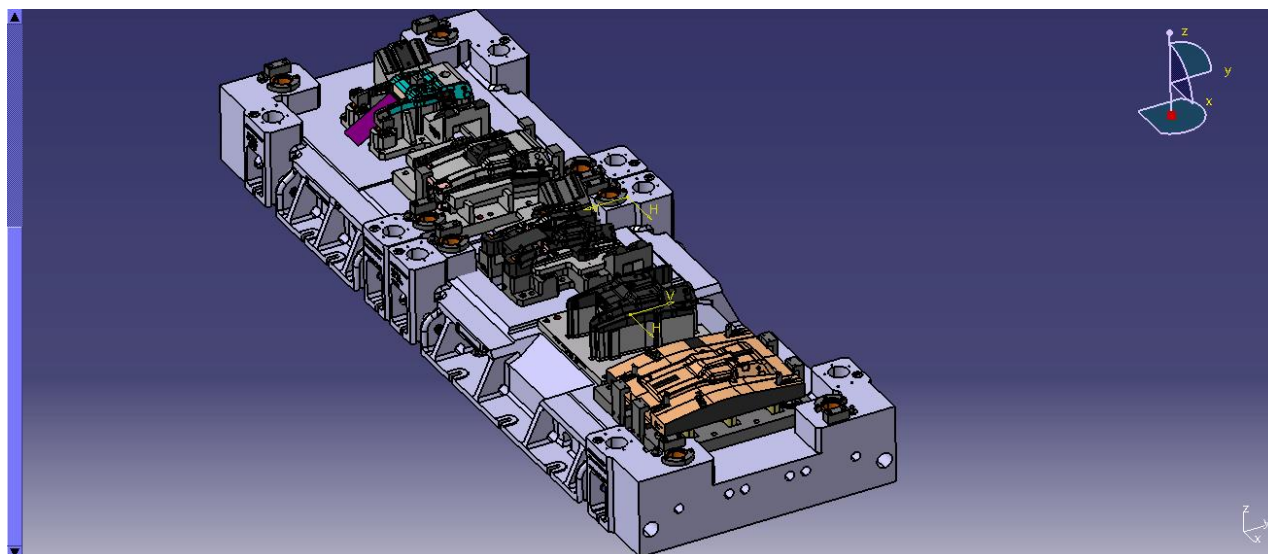


Figura 56 – Fase 3

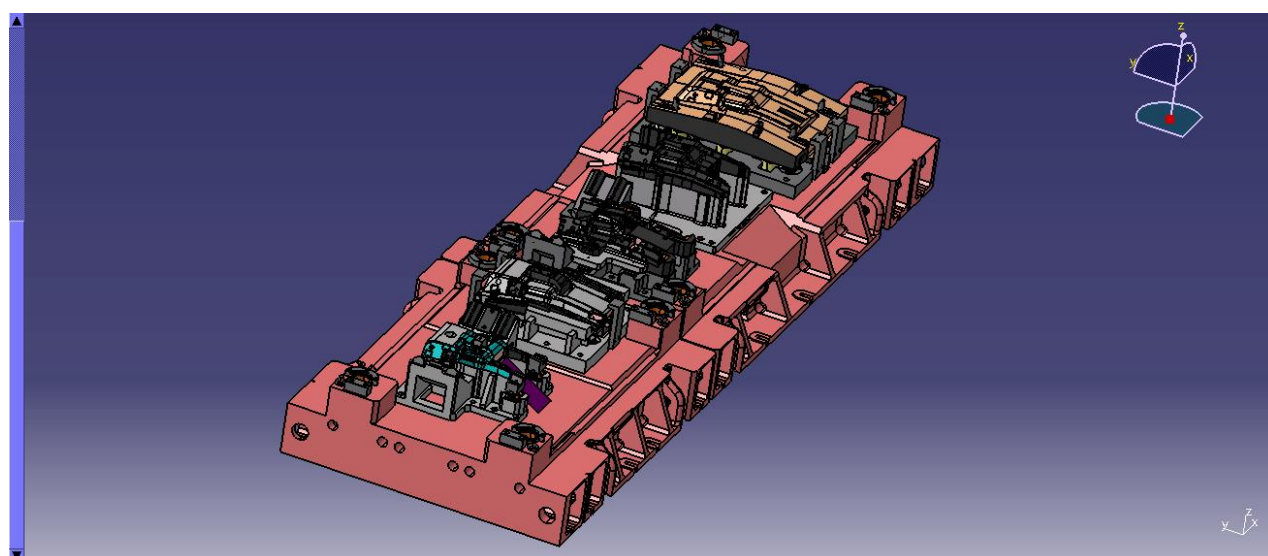


Figura 57 – Fase 4

- No caso da parte superior da Ferramenta:

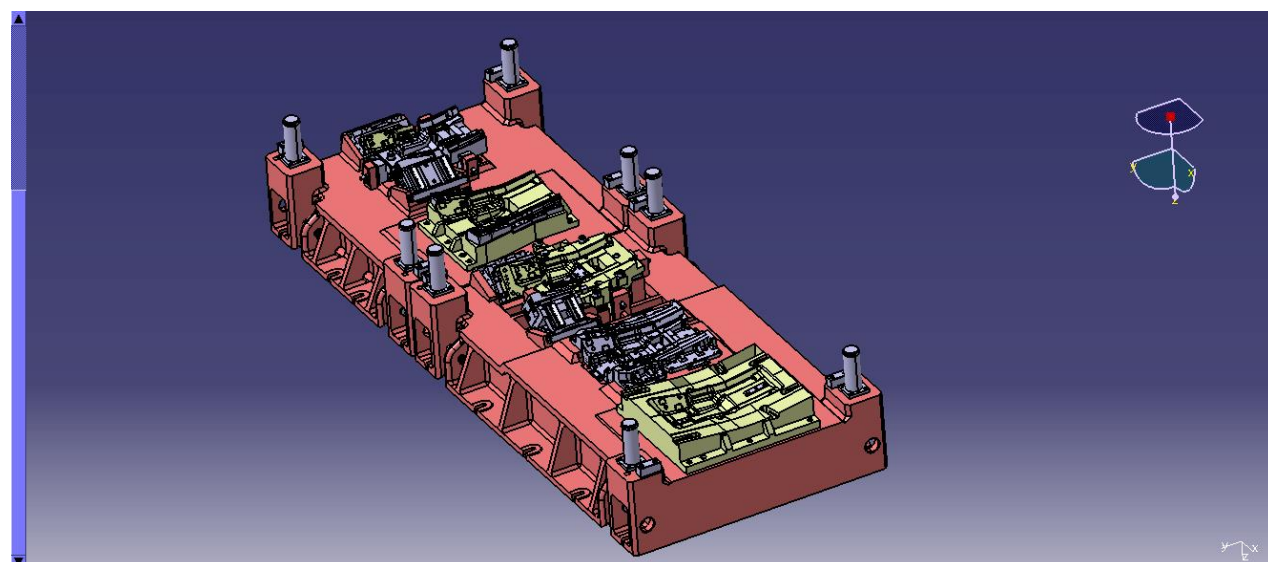


Figura 58 – Fase 1

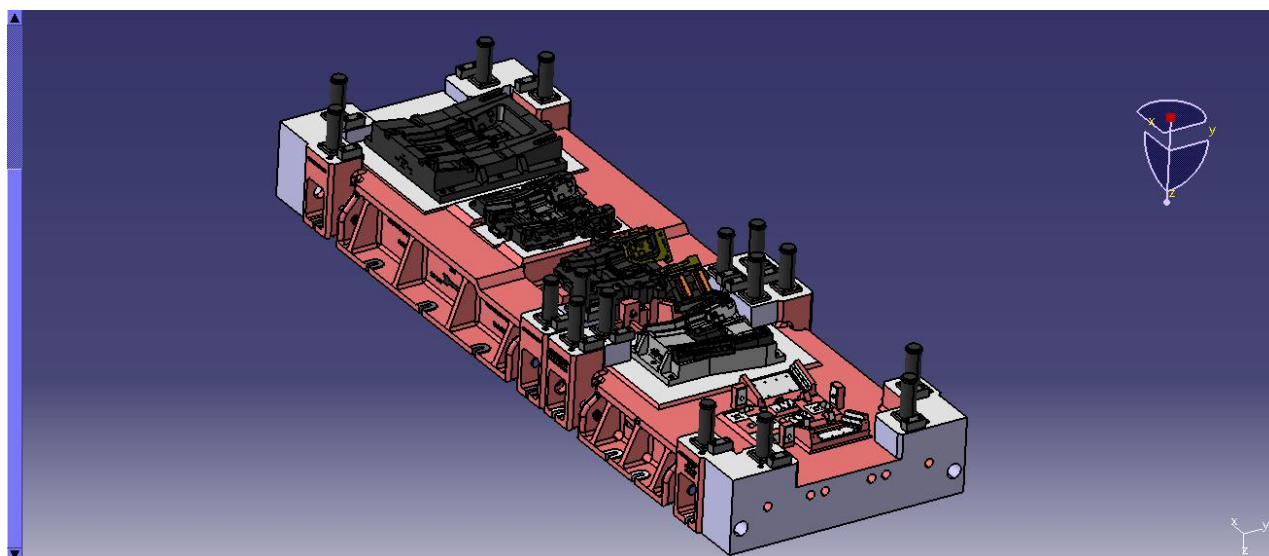


Figura 59 – Fase 2

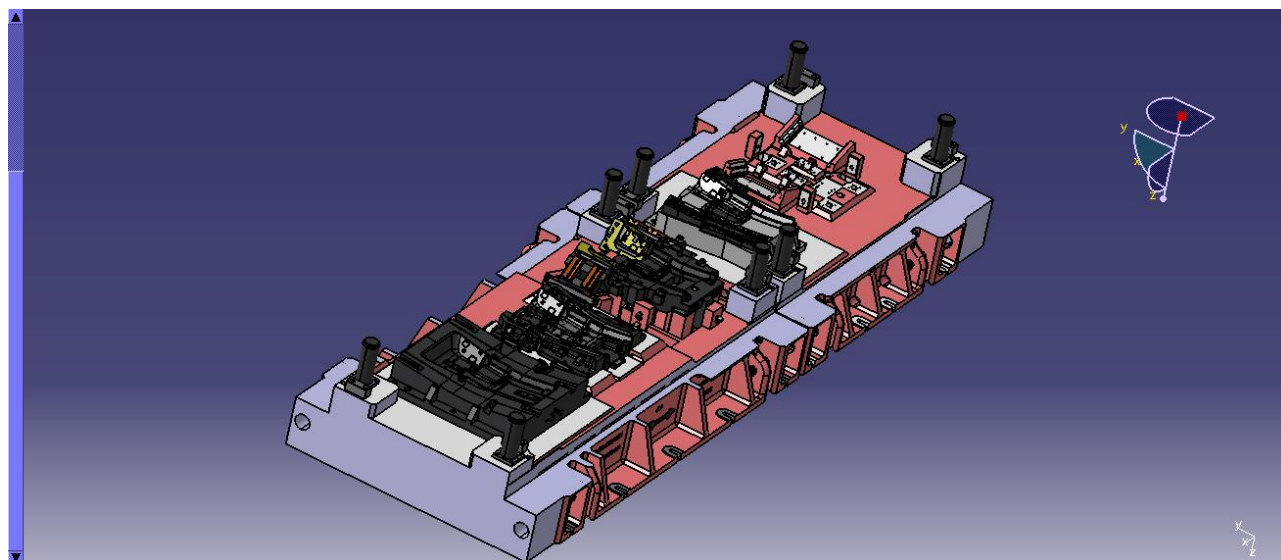


Figura 60 – Fase 3

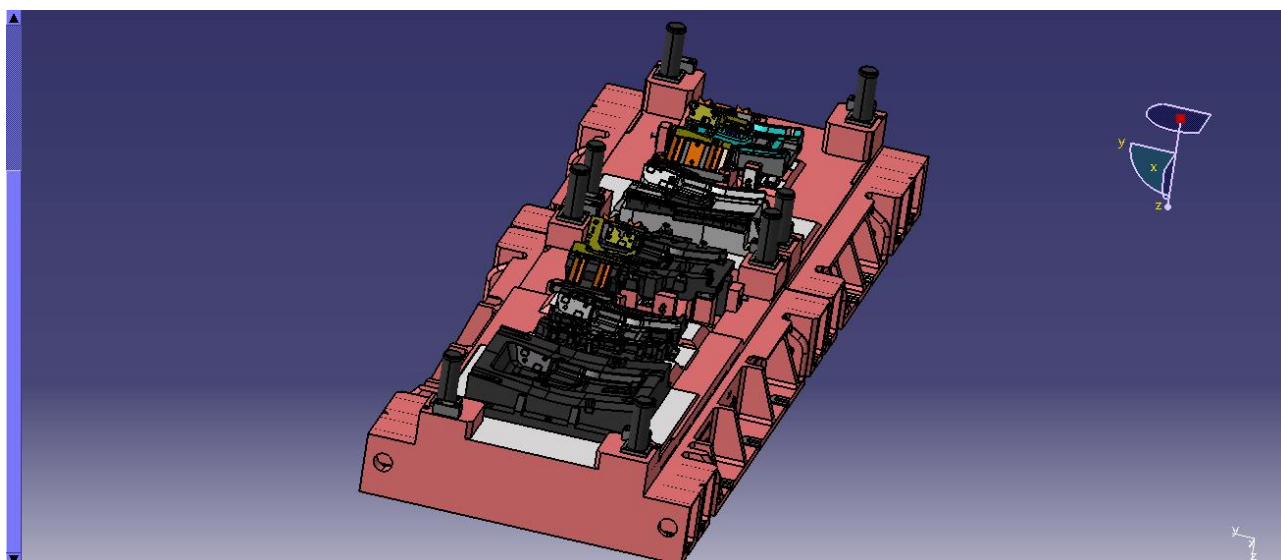


Figura 61 – Fase 4

- Ferramenta Final

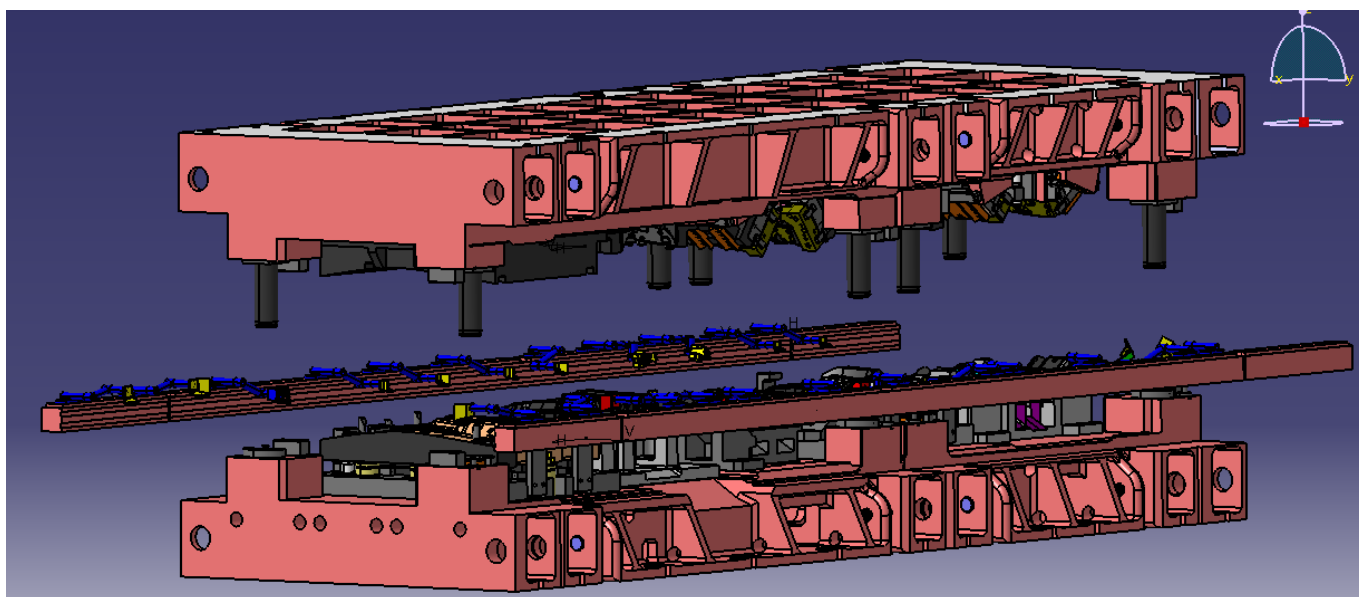


Figura 62 – Ferramenta Otimizada

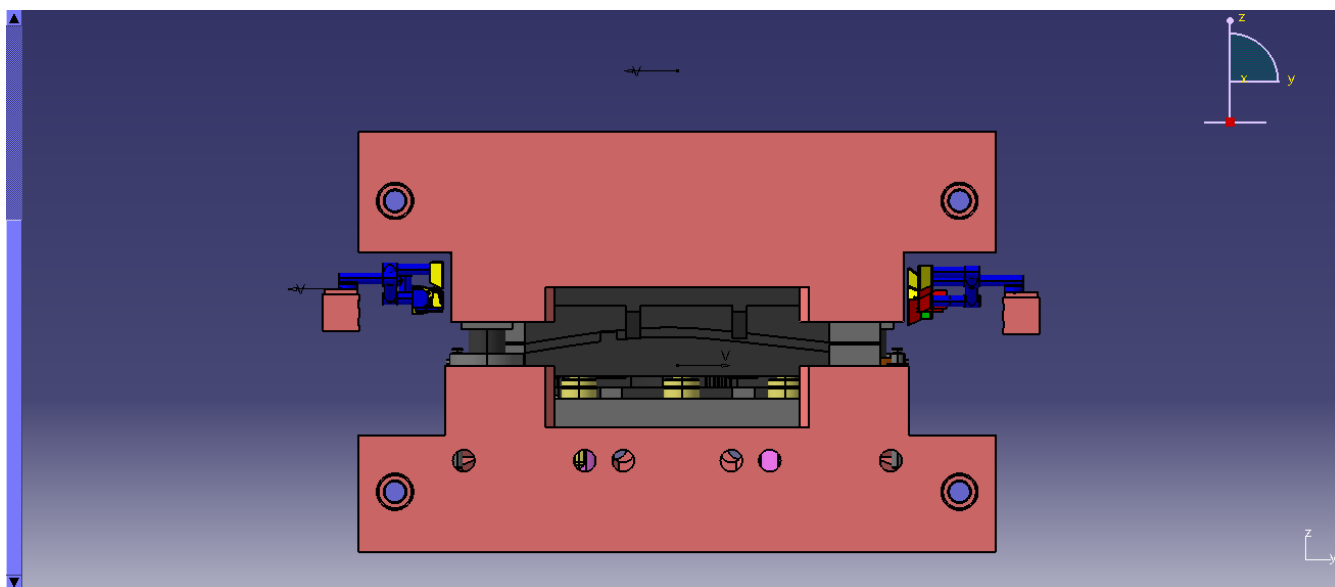
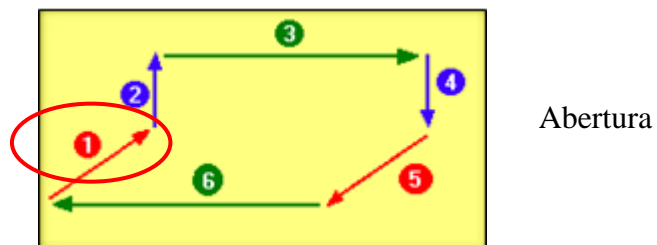


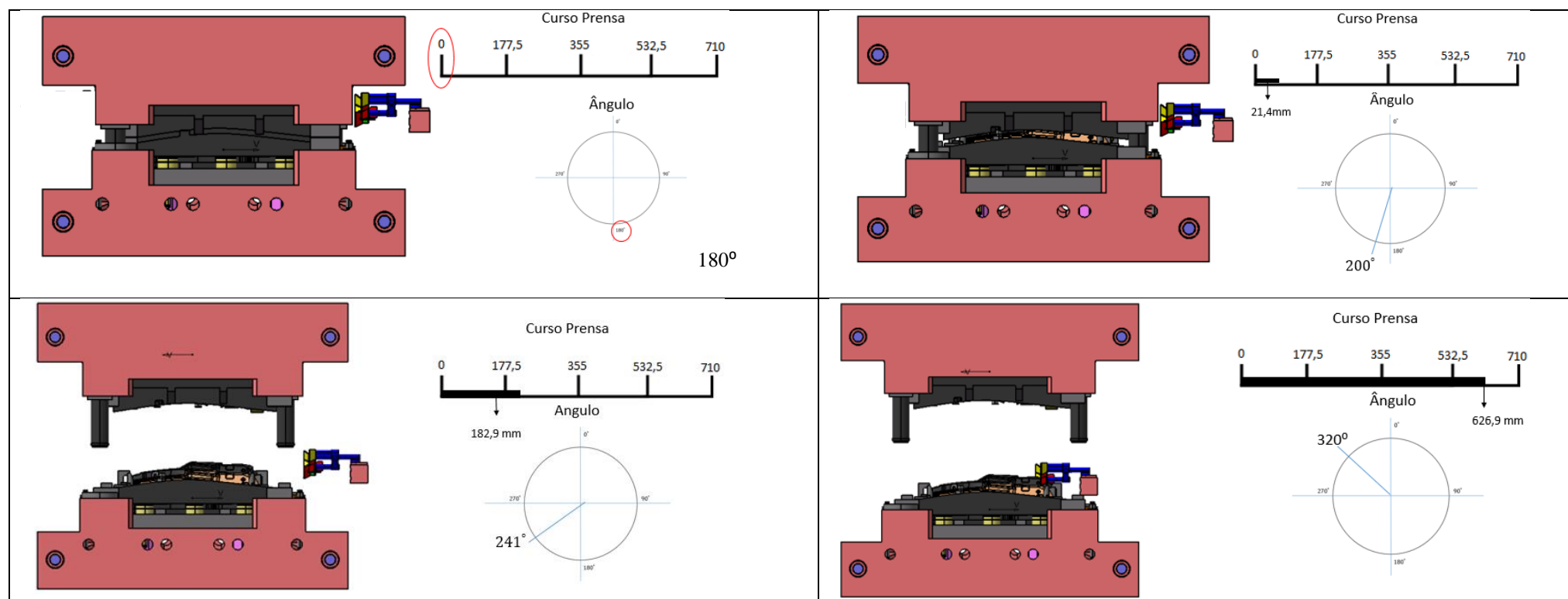
Figura 63 – Ferramenta Otimizada (vista frente)

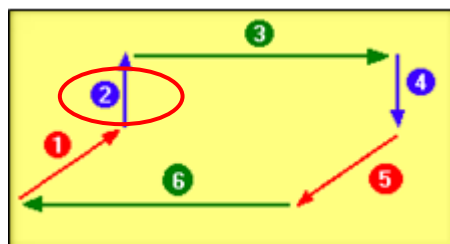
4.5. Infografia do movimento da Ferramenta + Sistema transfer



Abertura

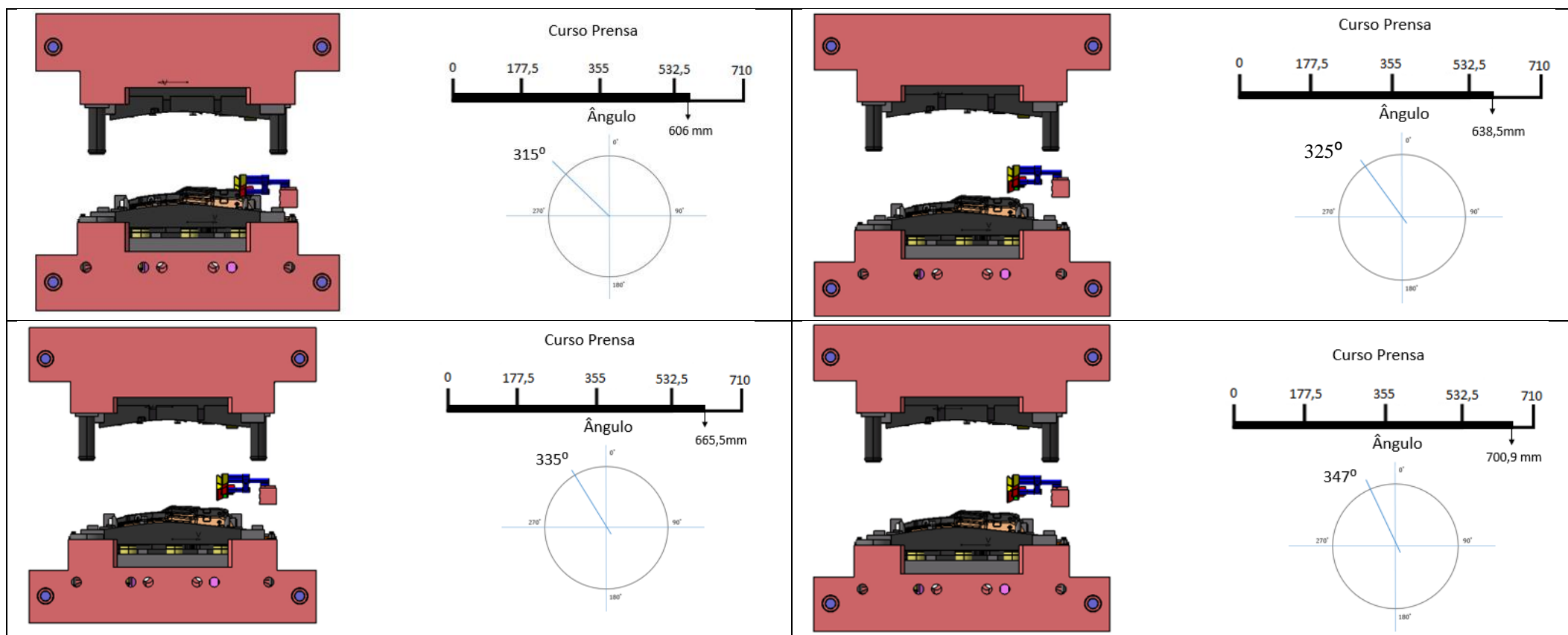
Figura 64 – Sequência de Imagens do movimento de abertura do transfer

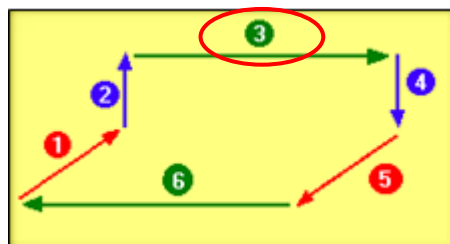




Subida

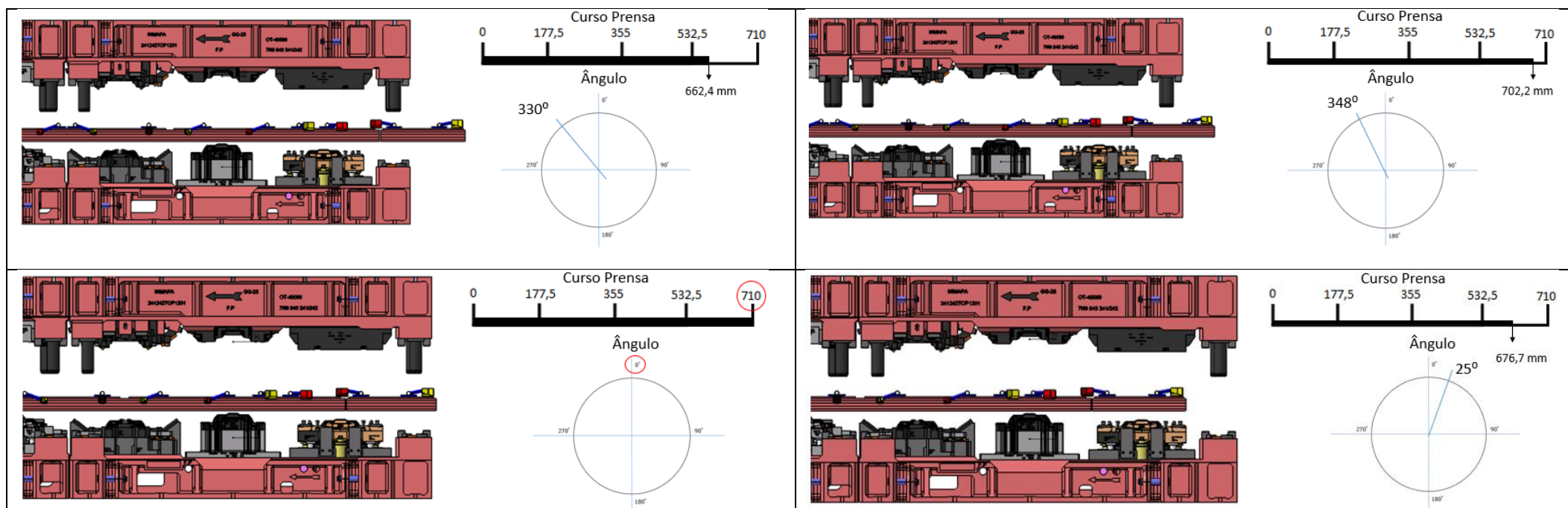
Figura 65 - Sequência de Imagens do movimento de subida do transfer





Avanço

Figura 66 – Sequência de Imagens do movimento de avanço do transfer



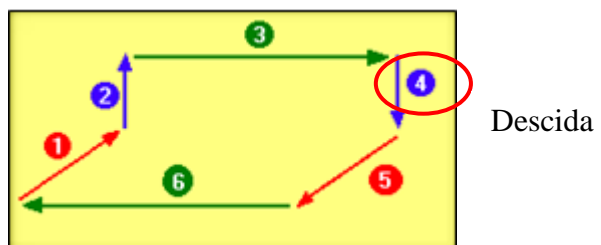
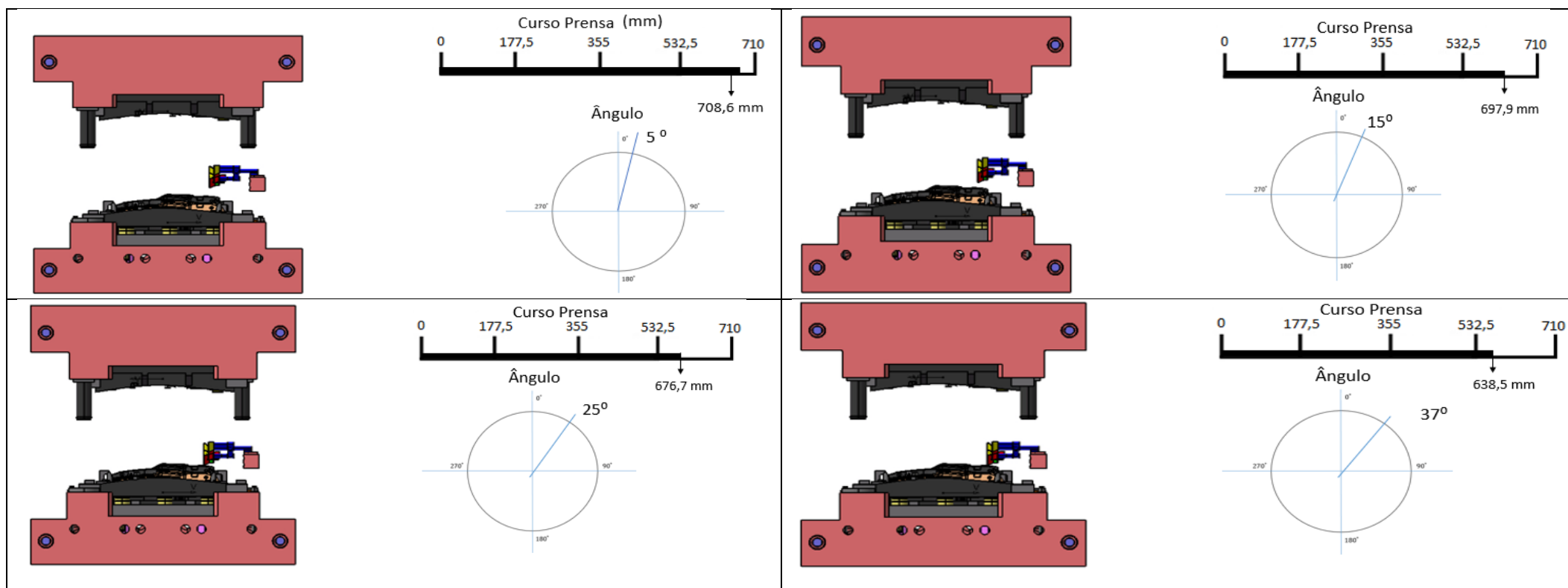
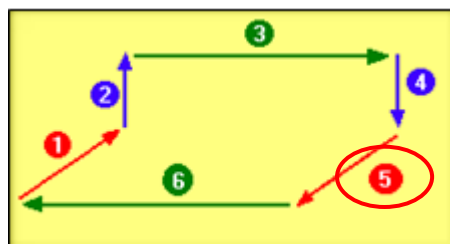


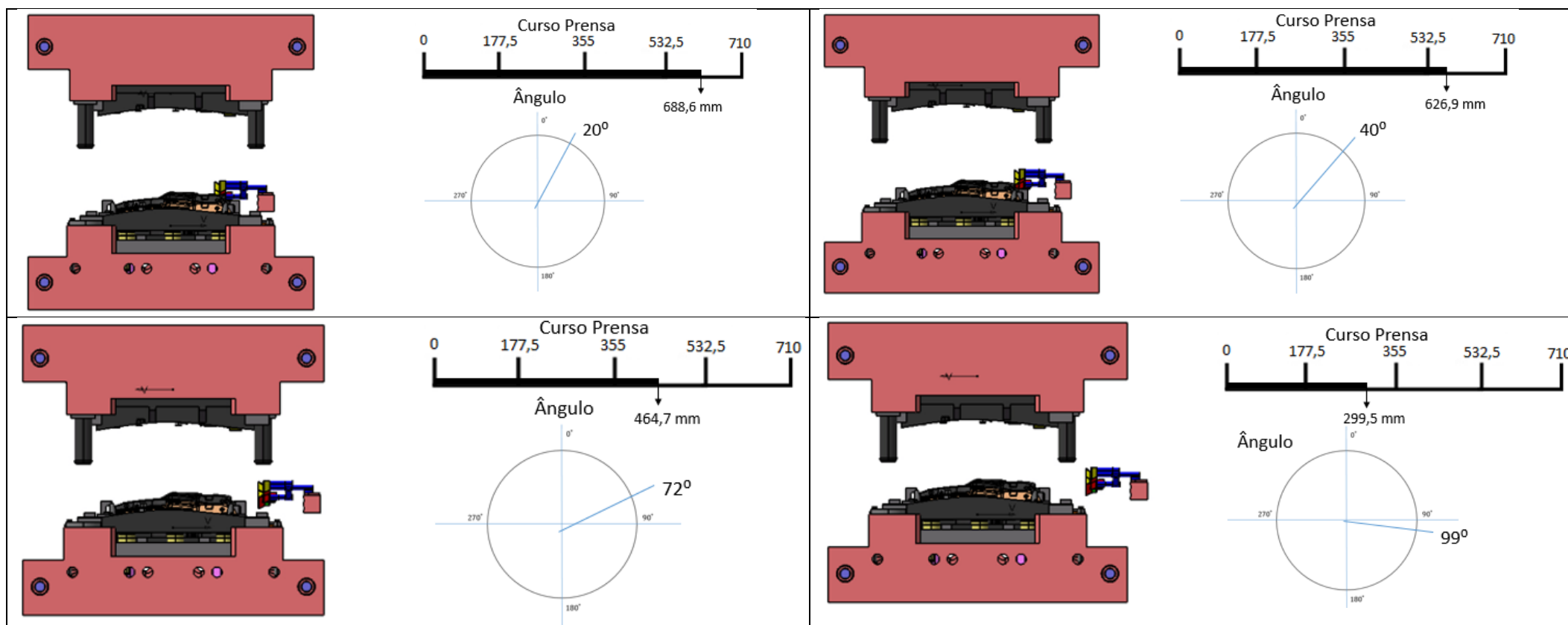
Figura 67 – Sequência de Imagens do movimento da descida do transfer

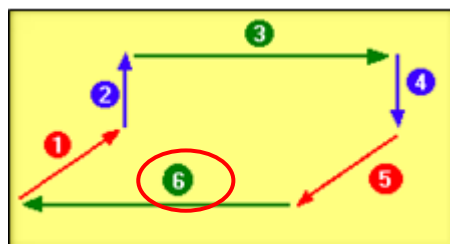




Fecho

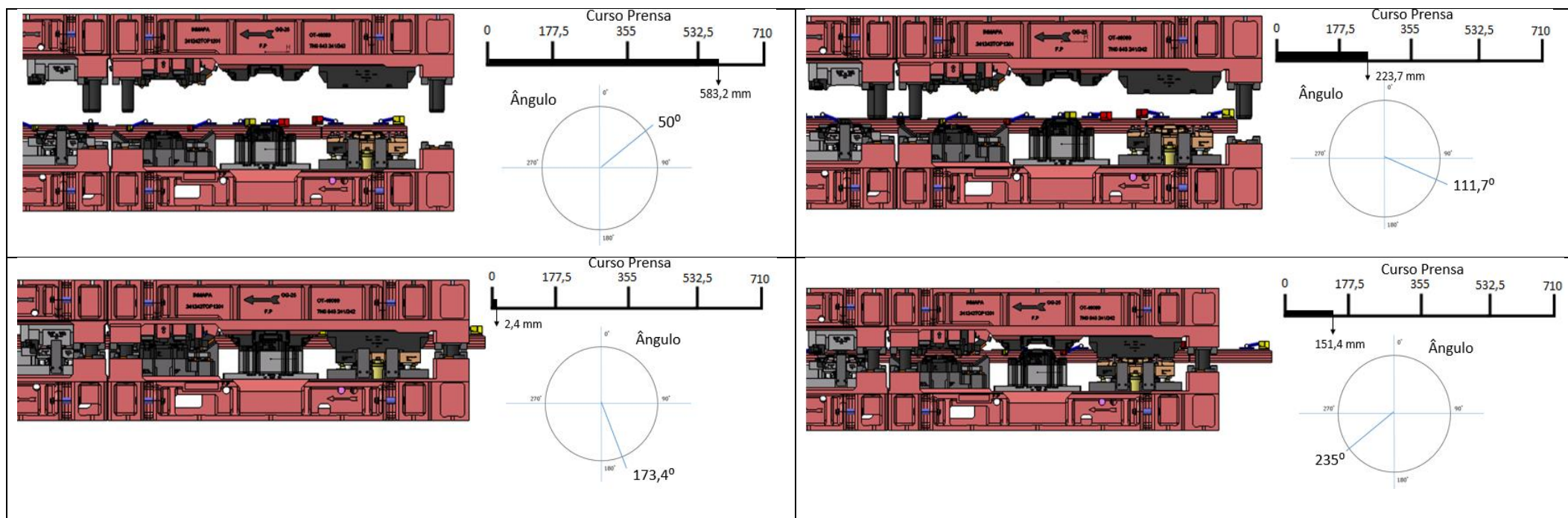
Figura 68 – Sequência de Imagens do movimento do fecho do transfer





Recuo

Figura 69 – Sequência de Imagens do movimento do recuo do transfer



Capítulo 5

Resultados e Discussão

Este capítulo apresenta a Fase 3) da metodologia 2, que está dividida em duas partes que constituem a análise de cada uma das otimizações, indicando-se para cada uma destas uma comparação com o sistema atual, para melhor compreensão e clareza ao leitor.

5. Resultados e Discussão

5.1. Situação Inicial

Dados Iniciais:	
Prensa	P0800T01
Referência	E843243U1E
nº Golpes/min = nº Rotações/min	12

	Ângulo		Posição Martelo		Posição Transfer (mm)	Curso Transfer (mm)	Velocidade Transfer (mm/s)	Velocidade máxima Transfer (mm/s)
	Início	Fim	Início (mm)	Fim (mm)				
PMI	180°		0		-	-	-	-
1	241°	320°	182,9	626,9	550	625	569,62	600
2	315°	347°	606,0	700,9	850	140	315	840
3	330°	25°	662,4	676,7	1000	900	1178,18	2500
PMS	0		710		-	-	-	-
4	5°	37°	708,6	638,5	710	140	315	840
5	20°	99°	688,6	299,5	1175	625	569,62	600
6	50°	235°	583,2	151,4	100	900	350,27	2500

Tabela 2 - Programação do transfer atual (retirada de [30])

Através da fórmula (10) conseguiu-se obter o deslocamento angular da prensa (Δ°), em que atuam os movimentos numerados do transfer, proveniente dos dados disponibilizados na Tabela 2.

$$\Delta^\circ = ^\circ_{Fim} - ^\circ_{Início} \quad (10)$$

Do mesmo modo, através da fórmula (11) podemos obter o tempo (t) que cada movimento do transfer dispense na sua execução.

$$w = \frac{\Delta\theta}{\Delta t} \quad (11)$$

w – velocidade angular $\left(\frac{rad}{s}\right)$

$\Delta\theta$ – ângulo (rad)

Δt – tempo (seg)

Todos os cálculos resultantes das duas fórmulas anteriores são apresentados na Tabela 3.

	Δ°	$\Delta\theta$ (rad)	t (s)
1	79°	1,38	1,09
2	32°	0,56	0,44
3	55°	0,96	0,76
4	32°	0,56	0,44
5	79°	1,38	1,09
6	185°	3,23	2,57

Tabela 3 – Cálculos obtidos resultantes das fórmulas 10 e 11

5.2. Otimização 1 – variação da cadência; ângulo constante

Como visto no Capítulo 4 na secção 4.3 o movimento do transfer a otimizar foi a abertura/fecho. Assim sendo, e visto que as alterações efetuadas na Ferramenta não permitiam a sua produção na P0800T01, pois o comprimento da Ferramenta ultrapassava o intervalo de comprimentos admissíveis para a prensa referida, a solução passou pela produção na prensa P01250TA1, cujas especificações se encontram no anexo E. Os passos da otimização 1 serão apresentadas nas Tabelas 4 e 5.

Curso Transfer Otimizado	Abertura/ Fecho
Antes	Depois
625 mm	360 mm (Redução de 57,6%)

Tabela 4 – Alteração do curso do transfer após otimização da Ferramenta

De seguida, procedeu-se ao cálculo do tempo (t) que cada movimento do transfer despendia na sua execução, variando para isso a velocidade da prensa ($w_{\circ/s}$), tendo em conta que a velocidade da prensa também depende da velocidade máxima a que os servomotores podem suportar em cada um dos eixos.

Para isso utilizou-se as fórmulas (12) e (13),

$$t = \frac{\Delta^\circ}{w_{\circ/s}} \quad (12)$$

t – tempo (s)

Δ° – deslocamento angular (°)

$w_{\circ/s}$ – velocidade angular (°/s)

$$v_{transfer} = \frac{L}{t} \quad (13)$$

$v_{transfer}$ – velocidade do transfer $\left(\frac{mm}{s}\right)$

L – curso do transfer (mm)

Iniciou-se assim, a fase de testes para a obtenção da velocidade de trabalho, de maneira a que cumprisse os requisitos de velocidade inferior à dos servomotores.

	Velocidade Prensa (golpes/min)	Δ°	L (mm)	t (s)	Velocidade transfer (mm/s)	Velocidade máxima servomotor (mm/s)
1	14	79°	360	0,94	382,78	600
2		32°	140	0,38	367,50	840
3		55°	900	0,65	1374,55	2500
4		32°	140	0,38	367,50	840
5		79°	360	0,94	382,78	600
6		185°	900	2,20	408,65	2500
1	15	79°	360	0,87	410,13	600
2		32°	140	0,36	393,75	840
3		55°	900	0,61	1472,73	2500
4		32°	140	0,36	393,75	840
5		79°	360	0,87	410,13	600
6		185°	900	2,06	437,84	2500
1	18	79°	360	0,73	492,15	600
2		32°	140	0,296	472,50	840
3		55°	900	0,51	1767,27	2500
4		32°	140	0,296	472,50	840
5		79°	360	0,73	492,15	600
6		185°	900	1,71	525,41	2500
1	21	79°	360	0,63	574,18	600
2		32°	140	0,25	551,25	840
3		55°	900	0,44	2061,82	2500
4		32°	140	0,25	551,25	840
5		79°	360	0,63	574,18	600
6		185°	900	1,47	612,97	2500
1	22	79°	360	0,598	601,52	600
2		32°	140	0,24	577,50	840
3		55°	900	0,42	2160	2500
4		32°	140	0,24	577,50	840
5		79°	360	0,598	601,52	600
6		185°	900	1,40	642,16	2500

Tabela 5 – Testes realizados para obtenção da velocidade da prensa Otimização 1

Análise da Tabela 5:

Através da análise da Tabela 5 percebeu-se que a prensa P01250TA1, alcança a sua velocidade de trabalho aos 21 golpes/min, visto que ao atingir a sua velocidade máxima (22 golpes/min) a velocidade do transfer na abertura (1)/ fecho (5) excede a velocidade máxima do servomotor. Como podemos verificar também que ao longo do aumento da velocidade da prensa, a velocidade do transfer no avanço(3) /recuo(6) é o que apresenta sempre maior velocidade em relação aos outros movimentos do transfer, uma vez que é este eixo que necessita de fazer um maior curso de movimentação, contudo convém salientar que este eixo utiliza 82% da velocidade máxima do servomotor, no caso mais crítico (3).

5.3. Otimização 2 – variação da cadência; variação ângulo

Esta 2ª Otimização baseia-se tal como na 1ª, na variação da cadência repetindo para isso os parâmetros mencionados anteriormente como em complemento uma redução do ângulo de atuação do sistema transfer (AAT).

Antes de se iniciar a fase de testes, alguns fatores que se tiveram em consideração nesta 2ª otimização:

- Respeitar a ordem das ações do transfer
(Ex: A ação de avanço/recuo não poder atuar primeiro que a subida/descida)
- Conciliar a melhor cadência com o menor AAT, de maneira a não ultrapassar a velocidade dos servomotores.

	Angulo		Velocidade Prensa (golpes/min)	Δ°	L (mm)	t (s)	Velocidade transfer (mm/s)	Velocidade máxima servomotor (mm/s)
	Início	Fim						
1	241	315	18	74°	360	0,69	525,41	600
2	310	347		37°	140	0,34	408,65	840
3	333	25		52°	900	0,48	1869,23	2500
4	5	42		37°	140	0,34	408,65	840
5	20	94		74°	360	0,69	525,41	600
6	50	150		100°	900	0,93	972	2500
1	241	313	20	72°	360	0,6	600	600
2	310	340		30°	140	0,25	560	840
3	333	23		50°	900	0,42	2160	2500
4	5	35		30°	140	0,25	560	840
5	20	92		72°	360	0,6	600	600
6	50	100		50°	900	0,42	2160	2500

1	241	317	21	76°	360	0,6	596,84	600
2	290	311		21°	140	0,17	840	840
3	311	5		54°	900	0,43	2100	2500
4	3	24		21°	140	0,17	840	840
5	20	96		76°	360	0,6	596,84	600
6	50	96		46°	900	0,37	2465,22	2500
1	241	317	22	76°	360	0,58	625,26	600
2	290	311		21°	140	0,16	880	840
3	311	5		54°	900	0,41	2200	2500
4	3	24		21°	140	0,16	880	840
5	20	96		76°	360	0,58	625,26	600
6	50	96		46°	900	0,35	2582,61	2500

Tabela 6 - Testes realizados para obtenção da velocidade da prensa Otimização 2

Análise da Tabela 6:

Através da análise desta Tabela, conseguiu-se compreender que variando tanto a cadência, como o AAT se volta a alcançar a velocidade da prensa de 21 golpes/min. Apesar de se conseguir atuar o transfer mais rapidamente, reduzindo desta forma a diferença entre ângulos em que este atua, no início de cada ciclo, o transfer só pode começar a atuar quando a correção da prensa atingir os 241 °, visto que se atuasse precocemente ao valor do ângulo mencionado, originaria colisão deste com as colunas de guiamento (Cap. 4, seção 4.5 - Abertura), assim sendo ter um movimento de recuo (6) com uma pequena variação de ângulo neste caso 46° ou 185°, como na situação inicial, em nada se iria aumentar a capacidade de produção.

5.4. Comparação Real / Otimização (1 e 2)

5.4.1. Comparação diário de bordo real/ otimização (1 e 2)

Para se ter uma noção das vantagens destas otimizações relativamente ao que está atualmente em vigor, fez-se uma comparação com uma produção de um dos diários de bordo presentes no anexo D.

Diário de Bordo de 26/01/2017

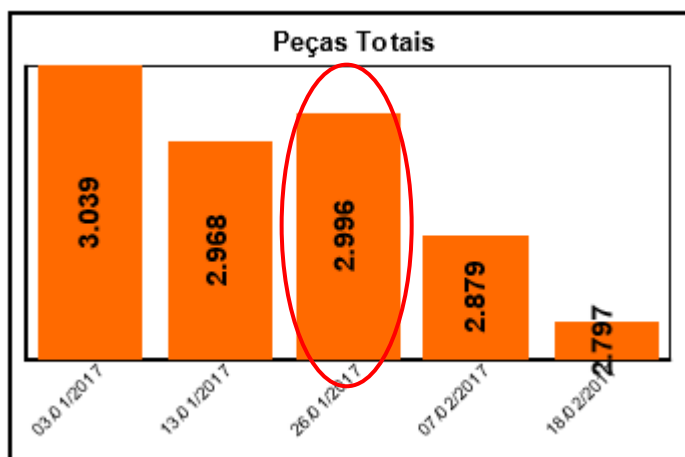


Gráfico 3 – Peças totais produzidas da referência E843243U1E (retirada de [31])

	Real		Otimização 1		Otimização 2	
Cadência de Produção (golpes/min)	12		21		21	
Descrição:	Minutos	Paragem (%)	Minutos	Paragem (%)	Minutos	Paragem (%)
Produção	247	-	143	-	143	-
Troca de Ferramenta	58	14	48	18	48	17
Avaria Elétrica máquina	48	11	4	2	4	1
Ajuste Processo Ferramenta	40	9	13	5	13	5
Avaria Alimentador de Chapa	29	7	16	6	16	6
Avaria Mecânica Máquina	3	1	5	2	5	2
Troca de Embalagens	2	< 1 (desprezável)	0,1	< 1 (desprezável)	0,1	< 1 (desprezável)
Ajuste de Processo DP	1	< 1 (desprezável)	36	13	46	17
Total (min) / Total Paragens (%)	428	42	265	46	275	48
Tempo de Produção (h)	4,12		2,38		2,38	
Tempo de Abertura (h)	7,13		4,4		4,6	

Golpes Médios (golpes/h)	420	681	651
Custo de Paragem (€/h) – valor constante	250	250	250
Custo de Paragem (€)	754	508	550

Tabela 7 – Diário de Bordo Real / Otimizado (1 e 2)

Cálculos efetuados para obtenção das otimizações:

Produção – No caso em questão, cada golpe da prensa corresponde a uma peça, apesar desta referência apresentar peças simétricas, estas são contadas individualmente. Sendo assim o cálculo para se saber o tempo de Produção da referência passou pela seguinte equação:

$$tempo_{Produção} = \frac{Golpes\ totais}{Cadência\ de\ Produção} = \frac{2996}{21} \approx 143\ min = 2,38\ h$$

Tempos de Paragem – Tendo em conta, que estes tempos de paragem só podiam ser determinados caso estas otimizações entrassem em produção na prensa P01250TA1, o que foi feito para se poder comparar o real com as otimizações apresentadas foi consultar os diários de bordo de 5 referências diferentes presentes na prensa P01250TA1, cujas se encontram no anexo F , e efetuar a média dessas paragens ao longo dos 3 meses de observação.

Tempo de Abertura/Golpes Médios/Custo de Paragem – estas variáveis foram calculadas, da mesma forma como no caso Real.

Análise da Tabela 7:

Através da análise da tabela 7, conseguimos perceber que com estas otimizações o tempo de produção teve uma redução de 42% em relação ao real, visto que a cadência de produção aumentou 1,75 vezes.

Na otimização 1, a referência esteve em máquina menos 2h 44min em relação ao caso real, o que permitiu fazer a mais 261 peças/h. Esta otimização na ferramenta permitiu baixar praticamente todos os tempos de paragem, exceto no ajuste de processo DP ao qual se revelou uma grande disparidade de valores. A otimização 1 gerou uma redução nos custos de paragem de 246€.

Em relação à otimização 2, a referência esteve em máquina menos 2h 32min em relação à situação inicial, o que permitiu fazer a mais 231 peças/h, contudo esta otimização não apresenta resultados tão satisfatórios como em relação à primeira. Nesta otimização, apesar de se diminuir o AAT, o ganho obtém-se com o maior nº de golpes/min da prensa, e tal como pode ser visto na tabela o tempo de produção da otimização 1 é igual ao da otimização 2. Para além disso, existe a possibilidade de termos uma maior percentagem de paragens, como acontece no caso do ajuste de processo DP em relação à otimização 1, paragens estas originadas pelas possíveis avarias e ajustes ao transfer devido a esta minimização dos AAT. No entanto a otimização 2 apresenta uma redução de custos relativamente ao real na ordem dos 204€.

Apesar de estes tempos de paragem serem valores teóricos baseados em dados estatísticos de outras produções, penso que se esta otimização fosse aplicada na realidade na prensa P01250TA1, se obteria sempre melhores resultados.

5.4.2. Comparação velocidade do transfer real/ otimização (1 e 2)

Para complemento da análise evidenciada anteriormente fez-se uma representação gráfica das velocidades médias do transfer nestes 3 casos, às quais se apresentam a seguir.

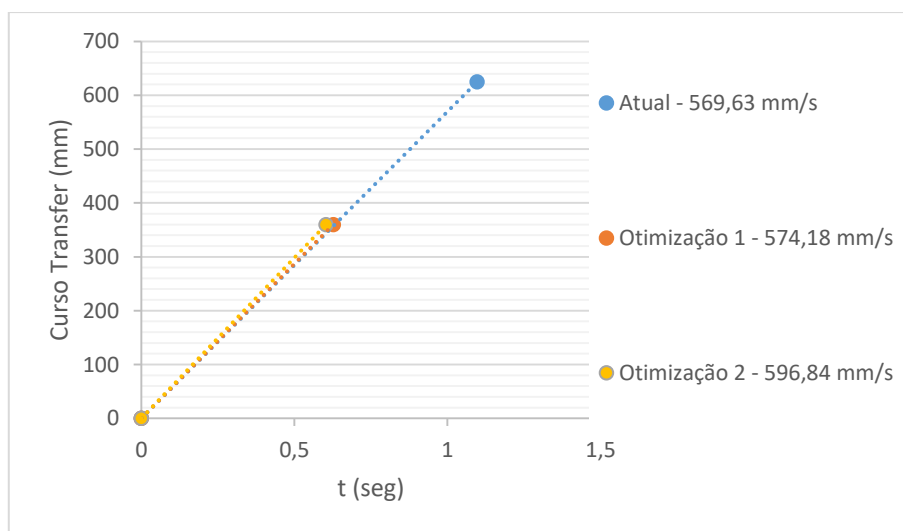


Gráfico 4 – Velocidade média do sistema transfer (abertura/fecho)

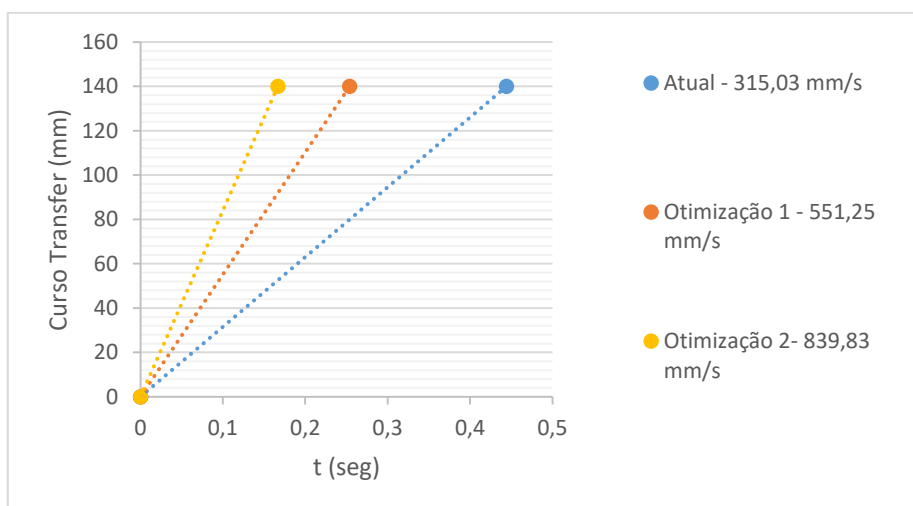


Gráfico 5 - Velocidade média do sistema transfer (Subida/Descida)

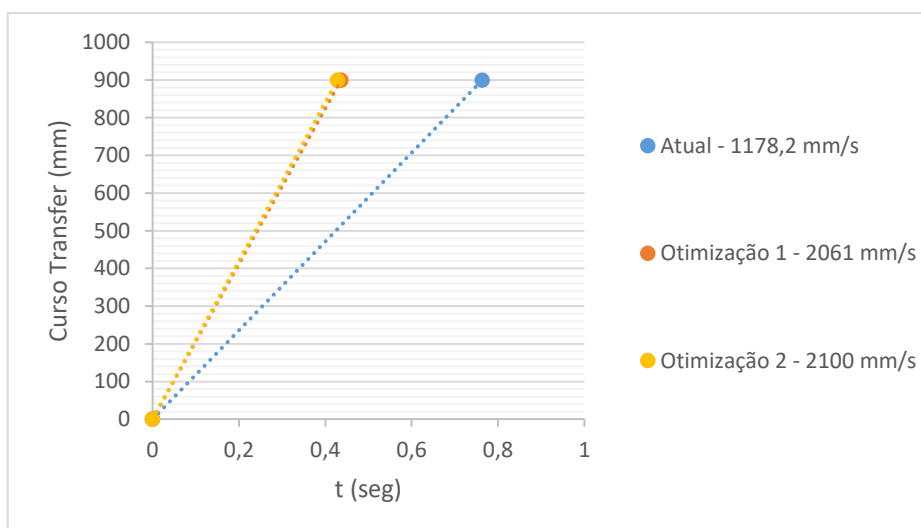


Gráfico 6 - Velocidade média do sistema transfer (Avanço)

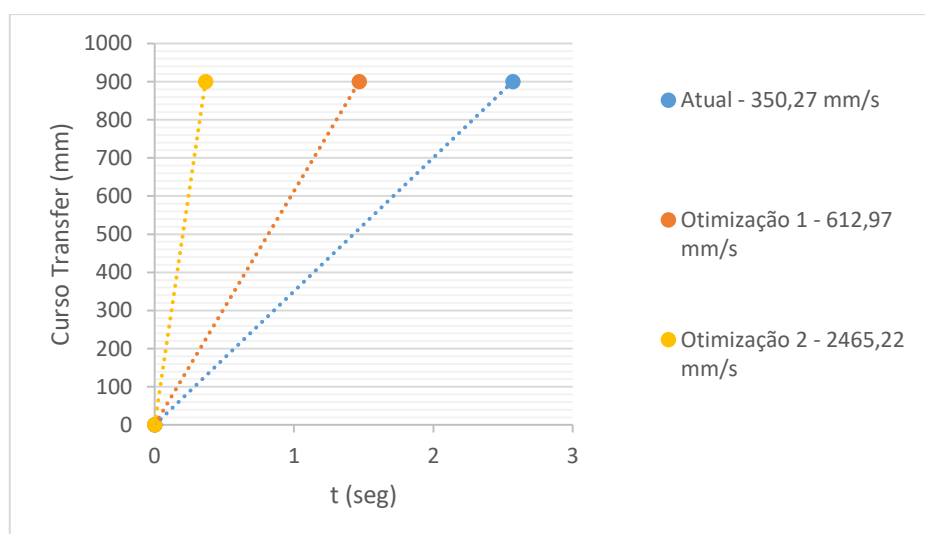


Gráfico 7 - Velocidade média do sistema transfer (Recuo)

Através da análise dos 4 gráficos anteriores apercebemo-nos que a otimização 2 é a que apresenta as melhores velocidades de atuação (VAT). Contudo, e visto já em análises anteriores que apesar de esta otimização evidenciar as melhores velocidades, através da minimização dos AAT pode originar mais afinações/ajustes ou até avarias, no que toca ao sistema transfer o que provocaria uma maior percentagem de paragens.

Para além disso tanto na otimização 1 como na otimização 2 se atinge a mesma velocidade de trabalho e se podermos minimizar a percentagem de paragens, a otimização 1 revela ser a mais vantajosa tanto em termos económicos como em termos de geração de menores paragens ao sistema.

Capítulo 6

Considerações Finais

Neste capítulo são apresentadas as conclusões e os trabalhos futuros.

6. Considerações Finais

6.1. Conclusões

O presente projeto teve como objetivo o estudo da otimização de cadências em ferramentas transfer. Neste sentido pretendeu-se aumentar o nº de Golpes médios realizados pela ferramenta (NGMF), evitando ao máximo as sucessivas paragens do sistema.

Para isso foi feito um estudo, baseado numa metodologia em que se incumbia da alteração dos diferentes mecanismos presentes no sistema transfer, pois uma alteração neste sistema não implicava tantos custos como na modificação da Ferramenta transfer. Esta metodologia revelou-se insatisfatória visto que com as modificações a este sistema, gerava-se um conjunto mais complexo e com mais imperfeições e o curso do transfer continuaria a realizar o mesmo percurso que no caso inicial.

Posto isto, iniciou-se o estudo de uma segunda metodologia assente na modificação da construção da Ferramenta. Esta mostrou-se bastante eficiente ao qual se pode concluir que houve um/a:

- ✓ Diminuição do curso do transfer (abertura/fecho).
- ✓ Aumento do comprimento da Ferramenta, o que levou a que ultrapassasse o intervalo admissível de comprimentos das especificações técnicas da prensa P0800T01, o que ocasionou a produção numa prensa que admitisse maiores dimensões de Ferramenta ao qual se optou pela P01250TA1, apesar de esta não permitir velocidades tão elevadas como a anterior.
- ✓ Aumento da cadência de produção ao qual se atingiu a velocidade de 21 golpes/min na prensa P01250TA1.

Relativamente às duas otimizações efetuadas nesta 2ª metodologia conclui-se que:

- ✓ Ambas as otimizações permitem atingir a mesma velocidade na prensa.
- ✓ A diminuição do AAT revela tempos de produção iguais ao sistema transfer de ângulo constante.
- ✓ As maiores VAT na otimização 2 poderão originar a mais afinações/ajustes no que toca ao sistema transfer.
- ✓ Quanto menor o AAT maior serão as taxas de paragem do sistema.

✓ Como resultado das conclusões anteriores, a otimização 1 apresenta maiores vantagens do que a otimização 2, em termos de custos e de paragens do sistema.

Assim se conclui que um processo de otimização de cadências, é um processo bastante complexo, o que implica um estudo aprofundado de todo o sistema e que muitas vezes tem elevados custos associados nas suas intervenções.

6.2. Trabalhos Futuros

Na presente dissertação foi otimizada uma ferramenta capaz de assegurar a cadência de produção delineada anteriormente para uma determinada referência. No entanto, a fim de obter uma solução mais precisa sugerem-se os seguintes trabalhos futuros:

- Testar a ferramenta otimizada na prensa P01250TA1 e analisar e comparar com a prensa P0800T01 as vantagens em termos de tempo de produção e percentagem de Paragens.
- Simular o processo de estampagem à velocidade estipulada, 21 golpes/min , e perceber se após as conformações, a chapa apresenta defeitos devido ao aumento da velocidade de deformação, caso que não foi investigado ao longo do desenvolvimento desta dissertação.
- Estudo da fadiga dos materiais envolvidos na produção do produto final à velocidade de deformação mencionada.
- Estudar a viabilidade económica da alteração para a prensa P01250TA1, visto que será necessário a alteração da ferramenta, o que implicará elevados custos de otimização.

Bibliografia

- [1] Gestamp Aveiro, “Empresa Gestamp Aveiro,” Oliveira de Azeméis, Portugal, 2010.
- [2] Gestamp, “Gestamp - Dossier de Prensa,” Madrid, Espanha, 2015.
- [3] H. Pereira, “Gestamp Vendas Novas - Declaração Ambiental 2014-2015,” Vendas Novas, Portugal, 2015.
- [4] Grupo Gestamp, “Gestamp- Memoria de Sostenibilidad,” Afanias, Madrid, Espanha, 2015.
- [5] J. Duarte, A. d. Rocha e A. d. Santos, Tecnologia de Embutidura- Princípios e Aplicações, INEGI, Porto, Novembro 2003.
- [6] R. M. P. Ribeiro, Análise Operacional de Roturas em Ferramentas em Estampagem Progressiva, Relatório de Projeto, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, FEUP, Janeiro de 2011.
- [7] D. F. N. Morgado, Otimização de processos de projeto de uma Ferramenta Progressiva para a Estampagem de componentes metálicos, Dissertação de Mestrado, Instituto Superior de Engenharia de Lisboa- Área departamental Engenharia Mecânica, Janeiro de 2011.
- [8] C. Wohjan, Corte e Dobra, Academia de ensino de S. Paulo: Curso de Engenharia Mecânica.
- [9] C. S. C. Gomes, Concepção Optimizada de Ferramentas Progressivas, Dissertação de Mestrado, Universidade do Minho- Escola de Engenharia, Novembro de 2012.
- [10] J. H. C. d. Souza, Estudo do Processo de corte de chapas por cisalhamento, Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande Sul, 2001.
- [11] J. Duarte, A. d. Rocha e A. d. Santos, Tecnologia Mecânica - Corte em Ferramenta, INEGI, Porto, Novembro de 2003.
- [12] P. V. P. Marcontes, Manufatura de chapas metálicas - corte, Departamento de Engenharia Mecânica - Universidade Federal do Paraná.
- [13] J. B. R. Fragoso, Desenvolvimento e Conceção de Ferramentas de Estampar, Relatório de Projeto Final, Faculdade de Engenharia da Faculdade do Porto, FEUP, Fevereiro de 2011.

- [14] E. B. Filho, I. B. d. Silva, G. F. Batalha e S. T. Button, CONFORMAÇÃO PLÁSTICA DOS METAIS, Sao Paulo: Primeira digital, 2011.
- [15] P. C. d. Miranda, Apostila -Processos de Fabricação, Universidade Federal do Ceará- Departamento de Engenharia Mecânica e de Produção.
- [16] Schuler-Metal Forming Handbook, Berlin: Springer, 1998.
- [17] I. J. B. Amorim, PROJETO CONCEITUAL DE UM ESTAMPO DE CORTE PROGRESSIVO PARA CHAPAS METÁLICAS, Horizontina, 2012.
- [18] “Elementos mecánicos transformadores de movimiento Biela-Manivela,” [Online]. Available:<http://educativa.catedu.es/44700165/aula/archivos/repositorio/1000/1102/html/index.html>. [Acedido em 30 Maio 2017].
- [19] F. R. André, Projeto de estruturas tipo "sandwich" rígidas para prensas mecânicas, Dissertação de Mestrado Universidade de Aveiro, 2013.
- [20] A. B. Rocha e J. F. Duarte, Tecnologias da Conformação Plástica, DEMEGI-FEUP, 1992.
- [21] ACCURL, “Prensa Hidráulica com 4 columnas,” China.
- [22] J.A.D.F.B.Carvalho, Sistema transfere de 3 eixos servomecanizados,Dissertação de Mestrado, Universidade de Aveiro, Departamento de Engenharia Mecânica, 14 de Agosto de 2013.
- [23] A. S. Guedes, Sistema de Manipulação Programável a dois eixos, Relatório do Projeto Final, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, FEUP, Julho de 2009.
- [24] S. Group, P. D.-I. H. Hoffmann e D.-I. M. Kasparbauer, Schuler - Metal Forming Handbook, Germany: Springer, 1998.
- [25] H. Ferreira, Definição de rotas de abastecimento interno de uma linha de Produção e Montagem de Veículos, Universidade do Minho, Escola de Engenharia, 2016.
- [26] N.Cavaca, A.Pinho, M.Fernandéz, C.Costa, R.Sousa, J.Pinto, J.Duro e L.García, Caderno de Encargos Gestamp Divisão EU Sul - Especificações Técnicas, Fevereiro de 2015.
- [27] G. PSA, 19 06 2013. [Online]. Available: [\\gav-fs\todos\TransferGestamp\20170605_to__Pedro](#). [Acedido em 03 06 2017].
- [28] C. Brito e S. Prucha, Ficha de Registo de Paramentros E843243U1E, Gestamp Aveiro, 1 Abril de 2016.

[29] Gestamp Aveiro, Relatório Gráfico Diário Posto Referência P0800T01 - E843243U1E, 23 de Fevereiro de 2017.

Anexos

Apêndice A

Propriedades Mecânicas e Químicas da referência E843243U1E

Page 2
TL 1550: 2008-12

Description example for strip made of uncoated steel 220; 1,00 mm thickness with thickness tolerance (normal deviation) according to DIN EN 10131; nominal width of 1 200 mm; surface condition A (interior parts); surface finish matte (m):

Material: TL 1550 – 220-A-m

Semi-finished product: DIN EN 10131 – 1,00 × 1 200

4 Requirements

4.1 General requirements

Approval of first supply and changes according to Volkswagen standard VW 01155.

Avoidance of hazardous substances according to VW 91101.

4.2 Production process and chemical composition

The production process and the chemical composition of the products are at the manufacturer's discretion.

4.3 Mechanical properties

See Table 1.

Determination of the mechanical properties perpendicular to the rolling direction according to DIN EN 10002-1, specimen shape 2 (initial gage length $L_0 = 80$ mm, width $w = 20$ mm), referring to specimen cross sections without coatings.


Vertical anisotropy r and consolidation index n must be determined according to ISO 10113 and ISO 10275. Vertical anisotropy r and consolidation index n are determined for the expansion range of 10% to 20%. The determination must be made in the homogeneous plastic deformation range. For this reason, if the elongation before reduction of the material does not reach a value of 20%, expansion values between 15% and 20% may be applied.

Table 1 – Mechanical properties^{a)}

Grade code	0,2% offset proof stress $R_{p0,2}$ MPa	Tensile strength R_m MPa	Elongation at break A_{80} % min.	Vertical anisotropy r_{90} min.	Consolidation index n_{90} min.
220 220+ZE 220+Z 220+ZF	220 to 310	320 to 420	28	1,2	0,15


^{a)} Special agreements using sheet stickers are permissible for difficult-to-form parts. After agreement with the manufacturer, the properties listed here also apply to additionally organically thin-film-coated sheet steels.

The values specified in Table 1 are valid for a period of 6 months after the products have been made available by the manufacturer.

<div><div><div><div>Gonvarri</div><div>Portugal</div></div></div><div><div>GONVARRI PRODUTOS SIDERURGICOS, S.A.</div><div>APARICACAO Vendas de AZEITAO - 2925-901 AZEITAO</div><div>TELEFONE: 212 188 800 (RDS) - FAX: 212 181 600/26</div></div></div>										<div><div>CERTIFICADO DE CALIDAD 3.1 EN 10204</div><div><div>A02</div><div>Página:1</div><div>A10</div></div></div>																																																																																																																													
<div><div><div>A03</div><div>A06</div><div>A07</div><div>B01</div><div>B02</div></div><div><div>Nº CERTIFICADO: 010321792700010</div><div>Nº ALBARÁN: 103217927</div><div>PEDIDO CLIENTE: 905000650</div><div>N/REFERENCIA: F100733UFG</div><div>GRADO ACERO Y ESPECIFICACIÓN TECNICA</div><div>C P TL 1550 220 + Z100 MBO</div></div><div><div>A01</div></div></div>										<div><div><div>12076</div><div>GESTAMP AVEIRO INDUSTRIA DE</div><div>SABROSAS P.O.BOX 3004</div><div>3701-901 NOGUEIRA DO CRAVO</div><div>10, Portugal</div></div><div><div>ESPESOR</div><div>1,00</div><div>ANCHO</div><div>650,00</div><div>LARGO</div><div>650,00</div></div><div><div>DIMENSIONES (mm):</div><div>B11</div></div></div>																																																																																																																													
<div><div>Certificamos que el suministro citado ha sido fabricado CONFORME A LAS ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL CONTRATO y que, una vez efectuadas todas las operaciones de control y ensayo, responde bajo todos sus aspectos a las especificaciones particulares, así como a las NORMAS EN VIGOR antes referidas.</div></div>										<div><div>COMPOSICIÓN QUÍMICA %</div><table><tr><th></th><th>C</th><th>Mn</th><th>Si</th><th>P</th><th>S</th><th>Al</th><th>Nb</th><th>Ti</th><th>V</th><th>B</th><th>Cr</th><th>N</th></tr><tr><td></td><td>C71</td><td>C72</td><td>C73</td><td>C74</td><td>C75</td><td>C76</td><td>C77</td><td>C78</td><td>C80</td><td>C80</td><td>C82</td><td>C87</td></tr><tr><td></td><td>0,0268</td><td>0,2310</td><td>0,0034</td><td>0,0055</td><td>0,0044</td><td>0,0305</td><td>0,0056</td><td>0,0006</td><td>0,0002</td><td>0,0013</td><td>0,0174</td><td>0,0012</td></tr></table></div>											C	Mn	Si	P	S	Al	Nb	Ti	V	B	Cr	N		C71	C72	C73	C74	C75	C76	C77	C78	C80	C80	C82	C87		0,0268	0,2310	0,0034	0,0055	0,0044	0,0305	0,0056	0,0006	0,0002	0,0013	0,0174	0,0012																																																																													
	C	Mn	Si	P	S	Al	Nb	Ti	V	B	Cr	N																																																																																																																											
	C71	C72	C73	C74	C75	C76	C77	C78	C80	C80	C82	C87																																																																																																																											
	0,0268	0,2310	0,0034	0,0055	0,0044	0,0305	0,0056	0,0006	0,0002	0,0013	0,0174	0,0012																																																																																																																											
<div><div>TRACCIÓN</div><table><tr><th></th><th>P</th><th>S</th><th>Re</th><th>Rm</th><th>A%</th></tr><tr><td></td><td>(1)</td><td>(2)</td><td>N/mm2</td><td></td><td>1(3)</td></tr><tr><td></td><td>C01</td><td>C02</td><td>C11</td><td>C12</td><td>C13</td></tr><tr><td></td><td>1,522</td><td>372,05</td><td>297,64</td><td></td><td>35,36</td></tr></table></div>											P	S	Re	Rm	A%		(1)	(2)	N/mm2		1(3)		C01	C02	C11	C12	C13		1,522	372,05	297,64		35,36	<div><div>REVESTIMIENTO</div><table><tr><th></th><th>CARA 1</th><th>CARA 2</th><th>Ra</th><th>Otr. Med.</th><th>EMB</th></tr><tr><td></td><td>#(4)</td><td>#(4)</td><td>(µm)</td><td>(5)</td><td>mm</td></tr><tr><td></td><td>C60</td><td>C60</td><td>C61</td><td>C62</td><td>C63</td></tr><tr><td></td><td>10,100</td><td>10,300</td><td></td><td></td><td></td></tr></table></div>											CARA 1	CARA 2	Ra	Otr. Med.	EMB		#(4)	#(4)	(µm)	(5)	mm		C60	C60	C61	C62	C63		10,100	10,300				<div><div>RUGOSIDAD</div><table><tr><th></th><th>n</th><th>r</th></tr><tr><td></td><td>C15</td><td>C14</td></tr><tr><td></td><td>0,173</td><td></td></tr></table></div>											n	r		C15	C14		0,173		<div><div>COMPOSICIÓN QUÍMICA %</div><table><tr><th></th><th>C</th><th>Mn</th><th>Si</th><th>P</th><th>S</th><th>Al</th><th>Nb</th><th>Ti</th><th>V</th><th>B</th><th>Cr</th><th>N</th></tr><tr><td></td><td>C71</td><td>C72</td><td>C73</td><td>C74</td><td>C75</td><td>C76</td><td>C77</td><td>C78</td><td>C80</td><td>C80</td><td>C82</td><td>C87</td></tr><tr><td></td><td>0,0268</td><td>0,2310</td><td>0,0034</td><td>0,0055</td><td>0,0044</td><td>0,0305</td><td>0,0056</td><td>0,0006</td><td>0,0002</td><td>0,0013</td><td>0,0174</td><td>0,0012</td></tr></table></div>											C	Mn	Si	P	S	Al	Nb	Ti	V	B	Cr	N		C71	C72	C73	C74	C75	C76	C77	C78	C80	C80	C82	C87		0,0268	0,2310	0,0034	0,0055	0,0044	0,0305	0,0056	0,0006	0,0002	0,0013	0,0174	0,0012
	P	S	Re	Rm	A%																																																																																																																																		
	(1)	(2)	N/mm2		1(3)																																																																																																																																		
	C01	C02	C11	C12	C13																																																																																																																																		
	1,522	372,05	297,64		35,36																																																																																																																																		
	CARA 1	CARA 2	Ra	Otr. Med.	EMB																																																																																																																																		
	#(4)	#(4)	(µm)	(5)	mm																																																																																																																																		
	C60	C60	C61	C62	C63																																																																																																																																		
	10,100	10,300																																																																																																																																					
	n	r																																																																																																																																					
	C15	C14																																																																																																																																					
	0,173																																																																																																																																						
	C	Mn	Si	P	S	Al	Nb	Ti	V	B	Cr	N																																																																																																																											
	C71	C72	C73	C74	C75	C76	C77	C78	C80	C80	C82	C87																																																																																																																											
	0,0268	0,2310	0,0034	0,0055	0,0044	0,0305	0,0056	0,0006	0,0002	0,0013	0,0174	0,0012																																																																																																																											
<div><div>OBSERVACIONES:</div><div><div>(1) Posición P: Principio M: Medio F: Final</div><div>(2) Sentido L: Longitudinal T: Transversal</div><div>(3) Alargamiento 1: Lo=80mm 2: Lo=5,65 S₀^(1/2) 3: Lo=50mm 4: Otras medidas</div><div>(4) Revest Ggr/m2 µm</div><div>(5) Rugosidad 1: N_Pics 2: N₁₀µm 3: R_z(µm) 4: R_z(µm)</div></div></div>										<div><div>Organismo y/o Servicio de control</div><div>SERVICIO LABORATORIO</div><div>A05</div></div>																																																																																																																													
<div><div>PLEGADO SATISFACTORIO</div><div>C51</div></div>										<div><div>FECHA: 05-05-2017</div><div>DEP. CONTROL</div><div>ALMACEN</div><div>ALVALDES</div><div>Z01</div></div>																																																																																																																													

Apêndice B

Especificações da Prensa ARISA - 800 TON

		ESPECIFICAÇÕES DA PRENSA		ACTUALIZAÇÃO 01.04.09	
REFERÊNCIA P0800T01		ARISA - 800 TON		Nº SÉRIE S4 800 450 210 FDE - 1998	
		IDEAL	MIN	MAX	
DADOS FERRAMENTA	COMPRIMENTO DA FERRAMENTA (mm)		3150	4500	
	LARGURA DA FERRAMENTA (mm)		1470	2100	
	HOF - ALTURA FECHO (mm)	1150	1100	1200	
	HOF - ALTURA FECHO (mm) [A VALIDAR P/ DT]		900	1200	
	HAL - ALTURA ALIMENTAÇÃO (mm)	660	650	780	
	PS - PESO SUPERIOR (Kg)		0	10000	
	PT - PESO TOTAL (Kg)		0	24000	
DADOS ALIMENTAÇÃO + PRENSA	DIÂMETRO BOBINE (mm)			1800	
	LARGURA DE BANDA (mm)		200	1300	
	LARGURA DE BANDA C/ GUILHOTINA (mm)		200	1200	
	PASSO (mm)			1185	
	Nº DE PILHAS NA ALIMENTAÇÃO POR FORMATOS			1	
	LARGURA DE FORMATO (mm)		200	1280	
	COMPRIMENTO DO FORMATO (mm)		250	700	
	AVANÇO DO TRANSFER (LIMITA PASSO MÁX) (mm)		0	1185	
	ESPESSURA DA CHAPA (mm)		0,6	3	
	SECÇÃO MÁXIMA ADMITIDA P/ GUILHOTINA (mm ²)			?	
	VELOCIDADE (G/min)		8	25	
	LARGURA DO TAPETE SAÍDA DE PEÇAS (mm)		680		
	ALTURA DO TAPETE SAÍDA PEÇAS (mm)		550		
	DISTÂNCIA ENTRE CENTRO DA MESA E TAPETE SAÍDA PEÇAS (mm)		1600		
	CURSO (mm)	710	710	710	
	REGULAÇÃO CARRO (mm)	0	0	300	
	PONTO DE FORÇA MÁXIMA (mm)		13		
	DISTÂNCIA ENTRE CENTRO DA MESA E TOPE DAS CINTAS DE ALIMENTAÇÃO (mm)		2500		

Apêndice C

Ficha de Registo de Parâmetros da prensa P0800T01

Gestamp		FICHA DE REGISTOS DE PARÂMETROS DA PRENSA P0800T01			
		PROGRAMA		20	
		OPERAÇÃO		Transfer	
		FERRAMENTA		UITF02509	
		T. COMANDO		AUTOMÁTICO	
CONJUNTO		REF. INTERNA		DESIGNAÇÃO	
		E843243U1 / E843244U1		Reinforcement, Rotary latch Lock	

Programação Dados da Prensa

	PROG.
Altura Fecho (mesa 1) (mm)	1147,0
Altura Fecho (mesa 2) (mm)	
Altura de Aperto (mm)	1200,0
Vel. Prensa (g/min)	12
Trabalho Transfer (0 / 1)	1 ATIVO
Trabalho com linha (0 / 1)	0 INATIVO
Lub. Formatos (0 / 1)	0 INATIVO

Programação Cames da Prensa

	V.INICIAL	V.FINAL
Leva KE4	0	0
Leva KE5	0	0
Leva KE6	0	0
Leva KE7	0	0
Leva KE8	340	10
Leva KE9	0	0
Leva KE10 (livre)	0	0
Leva KE11 (livre)	0	0

Programação Cames de Transfer

	V.INICIAL	V.FINAL
Electrovalvula 1 Fechar	0	0
Electrovalvula 2 Fechar	315	25
Electrovalvula 2 Abnr	26	314
Electrovalvula 1 Abnr	0	0
Controlo Transfer 1	0	0
Controlo Transfer 2	0	0
Controlo Transfer 3	0	0
Controlo Transfer 4	0	0

Programação Transfer

	GRAU INI	GRAU FIN	POS. FINAL
1	241	320	550,0
2	315	347	850,0
3	330	25	1000,0
4	5	37	710,0
5	20	99	1175,0
6	50	235	100,0

Programação Pick & Place

	GRAU INI	GRAU FIN	POS. FINAL	VELOCIDADE
1	0	140	1835,0	15
2	115	150	100,0	38,8
3	160	195	200,0	0 - 2030
4	170	310	30,0	0 - 250
5	280	315	80,0	
6	325	0	200,0	

Elevador Salida Cinta: 0 0/1

30% 20%

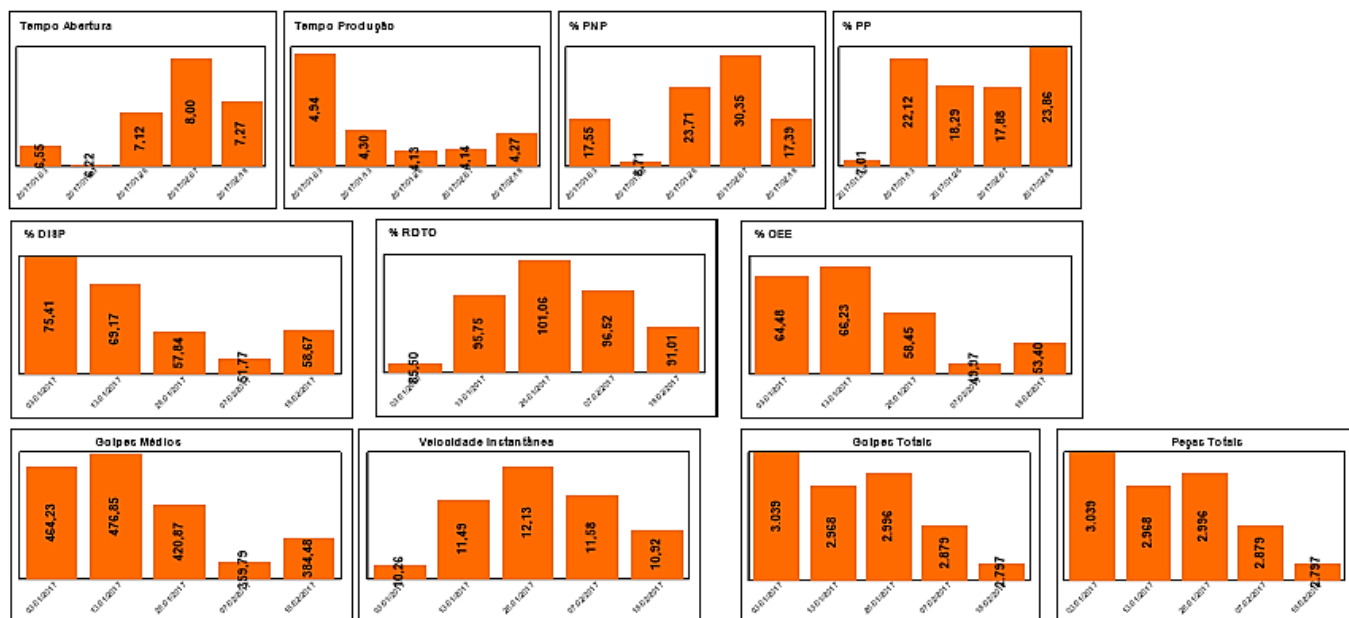
Programação Transfer

	GRAU INI	GRAU FIN	POS. FINAL
1	241	320	550,0
2	315	347	850,0
3	330	25	1000,0
4	5	37	710,0
5	20	99	1175,0
6	50	235	100,0

Apêndice D


Relatório Gráfico Diário Posto Referência P0800T01 - E843243U1E

Gestamp Relatório Gráfico Diário Posto Referência
P0800T01 E843243U1E



Apêndice E

Especificações da Prensa ARISA - 1250 TON

 AVEIRO		ESPECIFICAÇÕES DA PRENSA		ACTUALIZAÇÃO 01.04.09	
REFERÊNCIA P01250TA1		ARISA - 1250 TON		Nº SÉRIE S4 1250 600 240 LDE - 2003	
DADOS BÁSICOS		IDEAL	MIN	MAX	
DADOS FERRAMENTA	COMPRIMENTO DA FERRAMENTA (mm)		4200	6000	
	LARGURA DA FERRAMENTA (mm)		1680	2400	
	HOF - ALTURA FECHO (mm)	1150	1100	1200	
	HOF - ALTURA FECHO (mm) [A VALIDAR P/ DT]		1100	1500	
	HAL - ALTURA ALIMENTAÇÃO (mm)	660	650	800	
	PS - PESO SUPERIOR (Kg)		0	40000	
	PT - PESO TOTAL (Kg)		0	50000	
DADOS ALIMENTAÇÃO + PRENSA	DIÂMETRO BOBINE (mm)			2000	
	LARGURA DE BANDA (mm)		160	2000	
	PASSO (mm)		0	1500	
	Nº DE PILHAS NA ALIMENTAÇÃO POR FORMATOS			2	
	LARGURA DE FORMATO (mm)		390	2000	
	COMPRIMENTO DO FORMATO (mm)		200	800	
	AVANÇO DO TRANSFER (LIMITA PASSO MÁX) (mm)		0	1185	
	ESPESSURA DA CHAPA (mm)		0,8	5	
	SECÇÃO MÁXIMA ADMITIDA P/ GUILHOTINA (mm2)			1500	
	VELOCIDADE (G/min)		8	22	
	LARGURA DO TAPETE SAÍDA DE PEÇAS (mm)			1200	
	ALTURA DO TAPETE SAÍDA PEÇAS (mm)		250		
	DISTÂNCIA ENTRE CENTRO DA MESA E TAPETE SAÍDA PEÇAS (mm)		1900		
	CURSO (mm)	900	900	900	
	REGULAÇÃO CARRO (mm)	0	0	400	
	PONTO DE FORÇA MÁXIMA (mm)		12		
	DISTÂNCIA ENTRE CENTRO DA MESA E TOPE DAS CINTAS DE ALIMENTAÇÃO (mm)		3225		

Apêndice F

Análise dos diários de Bordo de 5 referências da prensa P01250TA1

Análise das Referências ao longo de 3 meses(Abril-Junho) na prensa P01250TA1

	E102A07U0B	Análise 1º referência	E141363U1A	Análise 2º referência	E173045U0A	Análise 3º referência	E178542U1A	Análise 4º referência	E281A07U1A	Análise 5º referência
Produção	1940	323,333333	3357	335,7	3469	433,625	906	226,5	1043	521,5
Ajuste de Processo DP	154	25,6666667	430	43	449	56,125	75	18,75	71	35,5
Troca de Ferramenta P	191	31,8333333	595	59,5	316	39,5	126	31,5	156	78
Avaria Alimentador de Chapa	40	6,6666667	77	7,7	517	64,625		0		0
Ajuste Processo (Ferramenta)	75	12,5	59	5,9	163	20,375	25	6,25	38	19
Avaria Electrica Máquina	62	10,3333333	35	3,5	17	2,125	19	4,75		0
Troca de Embalagens		0		0		0	2	0,5		0
Avaria Mecanica Máquina		0	99	9,9	118	14,75		0		0
Total Geral (min)	2462		4652		5049		1153		1308	
Análise das Paragens		E102A07U0B	E141363U1A	E173045U0A	E178542U1A	E281A07U1A	Médias de Paragens			
Ajuste de Processo DP		25,6666667	43	56,125	18,75	35,5	35,8083	min		
Troca de Ferramenta P		31,8333333	59,5	39,5	31,5	78	48,0667	min		
Avaria Alimentador de Chapa		6,6666667	7,7	64,625	0	0	15,7983	min		
Ajuste Processo (Ferramenta)		12,5	5,9	20,375	6,25	19	12,805	min		
Avaria Electrica Máquina		10,3333333	3,5	2,125	4,75	0	4,14167	min		
Troca de Embalagens		0	0	0	0,5	0	0,1	min		
Avaria Mecanica Máquina		0	9,9	14,75	0	0	4,93	min		

Apêndice G

Velocidade máxima servomotores – Prensas P0800T01/P01250TA1

CALCULO DE LA PROGRAMACION DEL TRANSFER: POLINOMIO DE 3º GRADO

Cliente	Gestamp Aveiro		
Fecha	26/06/2017 17:36		
Nº Prensa	5452-5441		
Nº Troquel	41		

	ºG	ºG	mm
1	241°	320°	550
2	315°	347°	850
3	330°	25°	1000
4	5°	37°	710
5	20°	99°	1175
6	50°	235°	100

	1	5	2	4	3	6
V (m/s)	0,6		0,34		2,5	
A(m/s²)	8		8		8	
J(m/s³)	999		999		999	
L (mm)	625		140		900	

Apêndice H

Desenho da Ferramenta Otimizada – Proposta Simplificada

